Aus der HNO-Klinik und -Poliklinik im Klinikum Steglitz
der Freien Universität Berlin
Kommissarischer Direktor Prof. Dr. med. K. W. Hommerich

DER KALORISATIONS-PENDEL-INTERFERENZTEST UND SEINE TYPISCHEN MUSTER

Inaugural-Dissertation
zur
Erlangung der medizinischen Doktorwürde
an den Medizinischen Fachbereichen
der Freien Universität Berlin

vorgelegt von
Peter Goebel
aus Schwenningen / N
im Jahre 1972

1973

Aus der HNO-Klinik und -Poliklinik im Klinikum Steglitz
der Freien Universität Berlin
Kommissarischer Direktor Prof. Dr. med. K. W. Hommerich

DER KALORISATIONS-PENDEL-INTERFERENZTEST UND SEINE TYPISCHEN MUSTER

Inaugural-Dissertation
zur
Erlangung der medizinischen Doktorwürde
an den Medizinischen Fachbereichen
der Freien Universität Berlin

vorgelegt von
Peter Goebel
aus Schwenningen / N
im Jahre 1972

Referent: Privat-Dozent Dr. Claussen

Korreferent: Prof. Dr. Zühlke

Gedruckt mit Genehmigung der Medizinischen Fachbereiche
der Freien Universität Berlin

Promoviert am: 23. 10. 73

Druck: Der Präsident der Freien Universität Berlin – Zentrale Universitätsdruckerei V aA 7, 1 Berlin 41

DER KALORISATIONS-PENDEL-INTERFERENZTEST UND SEINE TYPISCHEN MUSTER

I. EINLEITUNG S. 3
- a) Kalorische Bogengangsprüfung
- b) Opto-kinetische Blickprüfung
- c) Fragestellung des KPIT

II. VERSUCHE S. 6
- a) Versuchsanordnung
- b) Versuchspersonen
- c) Versuchsdurchführung

III. ERGEBNISSE S. 15

A. Numerische Ergebniszusammenstellung
- a) Die kalorische Nystagmusfrequenz und die Kumulationszeit bei reiner Kalorisation
- b) Die kalorische Nystagmusfrequenz und die Kumulationszeit bei KPIT
- c) Die Reaktionsdifferenz zwischen der rein kalorischen und der kalorischen mit simultaner opto-kinetischer Blickpendelfolge

B. Nach Reaktionsmustern zusammengestellte Ergebnisse S. 28
- a) Über pathologische kalorische Schmetterlingsformen ohne Pendelfolge
- b) Über typische Muster bei der Differenzbildung zwischen der kalorischen Nystagmusfrequenzreaktion und der kalorischen Pendelfolgeinterferenzreaktion
  - ba) Frequenzsteigerung im KPIT
  - bb) Extreme Frequenzsteigerung im KPIT
  - bc) Nystagmusunterdrückung im KPIT
  - bd) Partielle Nystagmusausschaltung im KPIT
- c) Über die Muster de Kumulationszeitpunktes im Kalorisationstest
- d) Über die Muster des Kumulationszeitpunktes im KPIT

C. Über das Verhältnis von kalorischer Reaktion zu kalorischer Pendelfolgereaktion unter besonderer Berücksichtigung des Normverhaltens und der pathologischen Abweichung S. 39

IV. DARSTELLUNG VON EINZELFÄLLEN S. 43

V. DISKUSSION S. 52

VI. LITERATUR S. 57

VII. ZUSAMMENFASSUNG S. 62

"DER KALORISATIONS-PENDEL-INTERFERENZTEST UND SEINE TYPISCHEN MUSTER"

I. EINLEITUNG

a) Kalorische Bogengangsprüfung:

Über die kalorische Nystagmusreaktion besteht hinsichtlich ihrer Auslösbarkeit seit den grundlegenden Untersuchungen von BARANY (1906) eine experimentell gesicherte Vorstellung. Nach Art der Zentralheizung wird jeweils ein Bogengang, meist der laterale Bogengang, vertikal gestellt. Er wirkt wie ein kommunizierendes Röhrensystem. Sodann wird dieses System an einer Stelle erwärmt oder abgekühlt. Das geschieht durch Kalorisation mittels Wassers in den Gehörgang. Dadurch kommt es durch Wärmeleitung zur Entstehung eines Thermogradienten über dem betreffenden Bogengang. Die Endolymphe und die Perilymphe ändern ihr spezifisches Gewicht und steigen bei Erwärmung auf oder fallen bei Abkühlung ab. (ISHIYAMA und KEELS)

Da die Augenablenkungsbewegung positiv an die Endolymphströmung angekoppelt ist, kommt es zu einer entsprechenden Augendeviation. Die schnelle Rückführbewegung der Augen - der Nystagmus - ist das sichtbare Reaktionsergebnis der kalorischen Nystagmusreaktion. Seit der Einführung der kalorischen Nystagmusreaktion durch BARANY wurden wiederholt Versuche unternommen, die Kalorisation zu modifizieren. (HALLPIKE, VEITS, FRENZEL, KOBRAK) Dadurch werden noch heute in einzlnen Kliniken verschiedene Kalorisationsstimuli verwendet. So benutzen einzelne den Test von KOBRAK bzw. von FRENZEL mit minimaler Wassermenge und andere die Massenspülung von HALLPIKE mit maximaler Wassermenge.

Die Auswertungsmethode der kalorischen Nystagmusreaktion wurde von der reinen Feststellung eines Kalorisationserfolges mit - ja -/ - nein - hin zur Kalorisationsdauerbestimmung nach HALLPIKE und weiter zur Reaktionsdynamikbestimmung nach CLAUSSEN ausgebaut.

Die kalorische Vestibularisreaktion untersucht aber niemals das periphere Vestibularorgan allein. Vielmehr handelt es sich um einen Reflexmechanismus oder ein sog. kybernetisches vermaschtes System mit einem Input im Bogengangsbereich und/ oder einem Output am Augenbulbus. Zwischengeschaltet ist das zentral-nervöse vestibulo-okuläre System (s. Abb. 1).

b) Optokinetische Blickprüfung

Wie TRINCKER, SIEBER und BARTUAL nachweisen, wird das Gleichgewicht aber nicht nur vom Vestibularorgan, sondern auch von der Retina gesteuert. Das retino-okuläre System und das vestibulo-okuläre System benutzen wahrscheinlich ein gleichermaßen gebautes und an gleicher Stelle im zentralen Nervensystem lokalisiertes datenverarbeitendes System.

Erste Untersuchungen über den Eisenbahn-Nystagmus - einen opto-kinetischen Nystagmus - hat BARANY bereits 1906 beschrieben. Eine systematischere Untersuchung des retino--okulären Nystagmus wurde von OHM mit seinem optischen Drehrad vorgenommen, wobei er sowohl in der horizontalen Ebene als auch in der vertikalen Ebene den horizontalen Rucknystagmus bzw. den vertikal auf und ab ruckenden Nystagmus untersuchte.

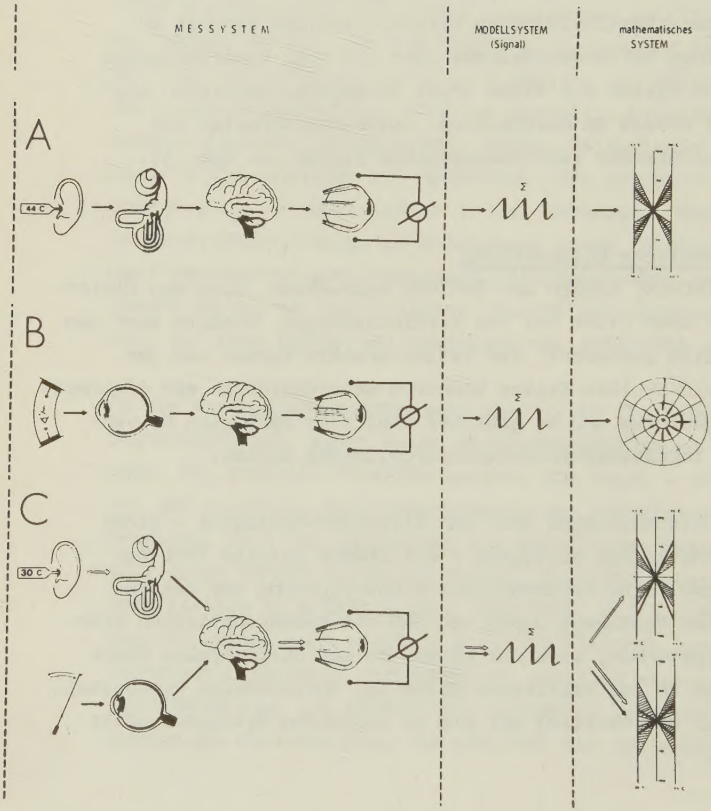


Abb. Nr. 1 Symbolische Darstellung des Informationsweges im vestibulo-oculären (A), retino-oculären (B) und im retino-vestibulo-oculären (C) Gleichgewichtsfuntkionssystem

Eine quantitative Untersuchung des orthogonalen, d. h. horizontalen und vertikalen, opto-kinetischen Blickfolgenystagmus führte CLAUSSEN in einem Polarkoordinatensystem mit Hilfe einer Vektoranalyse durch. Dabei stellte sich heraus, daß der normale Mensch eine opto-kinetische Augensteuerungsbevorzugung nach oben, leicht links von der Medianlinie aufweist. Die Steuerrichtung nach oben ist aus der Physiologie des ZNS als sog. BELL'sches Phänomen bekannt.

In Anlehnung an die vorgenannten Arbeiten von TRINCKER, SIEBER und BARTUAL, die wahrscheinlich erscheinen lassen, daß sowohl das retino-okuläre System als auch das vestibulo--okuläre System über den gleichen Verarbeitungsmechanismus gesteuert werden, hat CLAUSSEN versucht, simultan einen vestibulären als auch einen retinalen Stimulus über dieses Zentrum auf den Augenbulbus einwirken zu lassen. Hierbei muß hervorgehoben werden, daß der Stimulus, der auf die Retina einwirkt, kein reiner Fixationsstimulis ist wie etwa die Nystagmusprüfung bei Fixierung im erleuchteten Raum, sondern daß es sich um einen bewegten sinusförmigen opto-kinetischen Stimulus handelt.

FENDER u. NYE haben in ihrer Analyse des opto-kinetischen Steuersystems besonder hervorgehoben, daß das Auge bei reiner Fixation in einer instabilen Steuerposition ist, daß es hingegen bei Blickfolge - besonders bei pendelförmiger Blickfolge - mit größerer Amplitude sich in einer sehr stabilen Steuerlage befindet.

c) Fragestellung des KPIT:

Für den Bereich der Klinik soll mittels des KPIT geprüft werden, wie sich die simultane Stimulierung von zwei Rezeptoren, nämlich des Innenohrs und des Auges, bei zentral-nervöser Ansteuerung desselben Effektors, d. h. des Augenbulbus, im quantitativen Testergebnis verhält. Die meisten klinisch-neuro-physiologischen Fragestellungen beschäftigen sich heute im wesentlichen mit der Prüfung eines Rezeptorsystems. Eventuell werden dann nacheinander mehrere Rezeptorsystem geprüft. In unserer Umwelt sind wir aber Beeinflussungen aus den verschiedensten Rezeptorbereichen gleichzeitig ausgesetzt. Daher erscheint die Fragestellung der Prüfung bei simultaner Mehrbereichsreizung als eine umfassendere neuro-physiologische Untersuchungsmethode.

II. VERSUCHE

a) Versuchsanordnung:

Wie die ABB. 2 zeigt, wird an den Augenbulbus eine vertikale, sinusförmige Augenbewegung angelegt und eine horizontale sägezahnförmige. Um den horizontalen Sägezahn auslösen zu können, wird der Patient auf einem Kardanischen Lagerungstisch nach FRENZEL um +30° mit dem Kopf angehoben. Das ist die Kalorisationsposition, in der der lateral Bogengang senkrecht steht und in der durch Reizung des lateralen Bogenganges ein horizontaler Nystagmus entsteht. Das Spülwasser für die Kalorisation wird in zwei thermostatisch geregelten Bädern bei konstanter Temperatur von +30° C und +44° C gehalten. Zur Kalorisation wird jeweils während 30 Sekunden mit der Hand 20 ccm Wasser in den Gehörgang gespült. (Modifizierte HALLPIKE-Methode) s. ABB 3

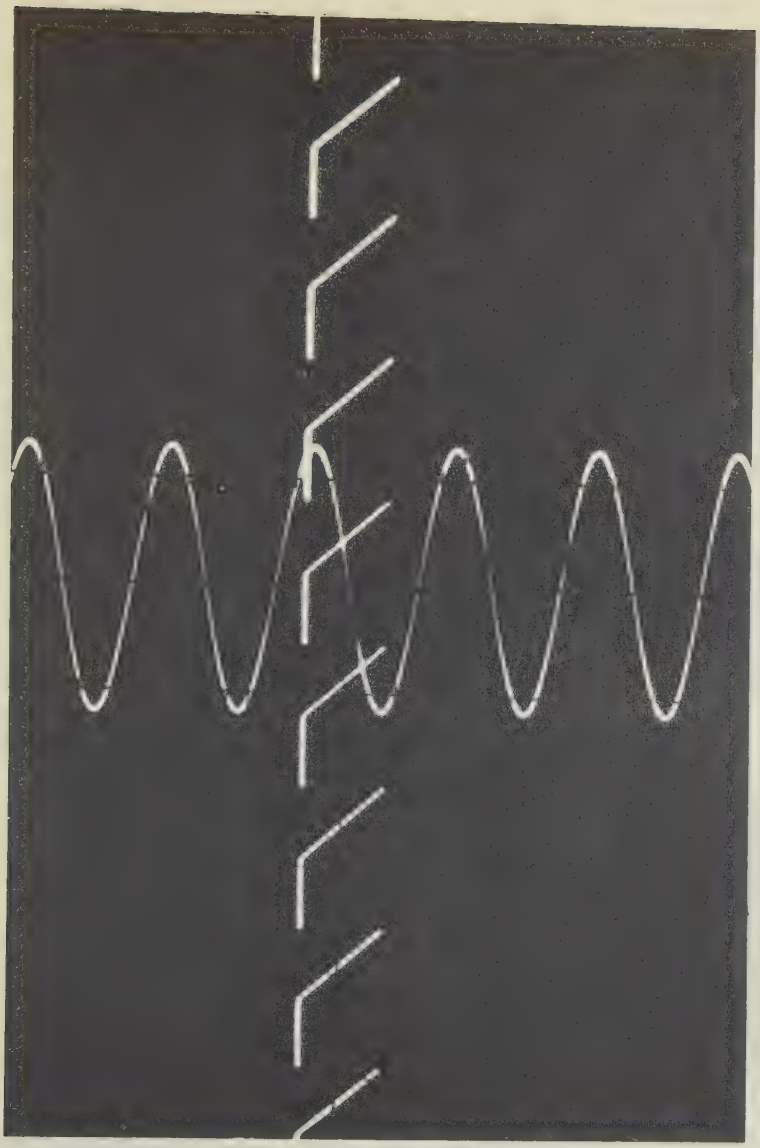


Abb. 2
Auf einem Zweikanal-XY-Oszilloskop ist eine vertikale Sinusbewegung über eine horizontale Sägezahnbewegung projeziert. Die Sinusbewegung repräsentiert die vertikale Blickpendelfolge, die Sägezahnbewegung den horizontalen kalorischen Nystagmus im Kalorisationpendel-Interferenztest.

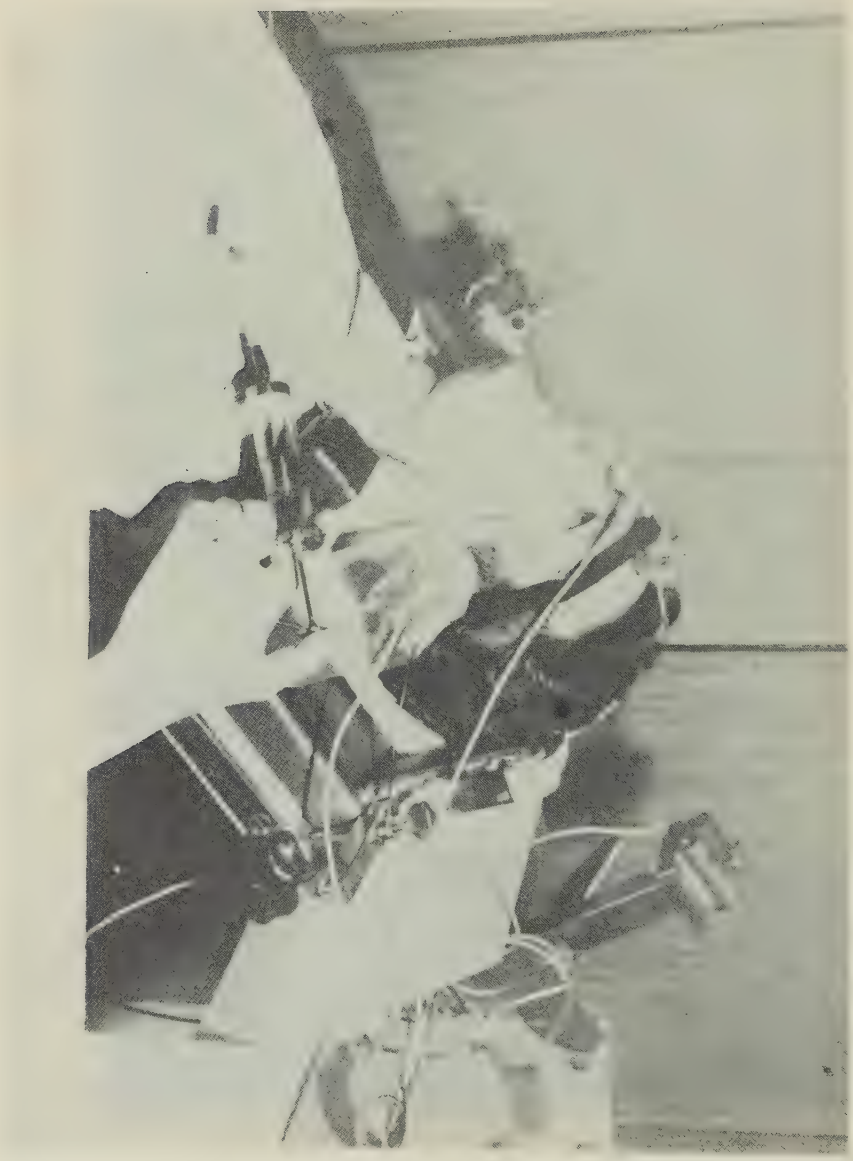
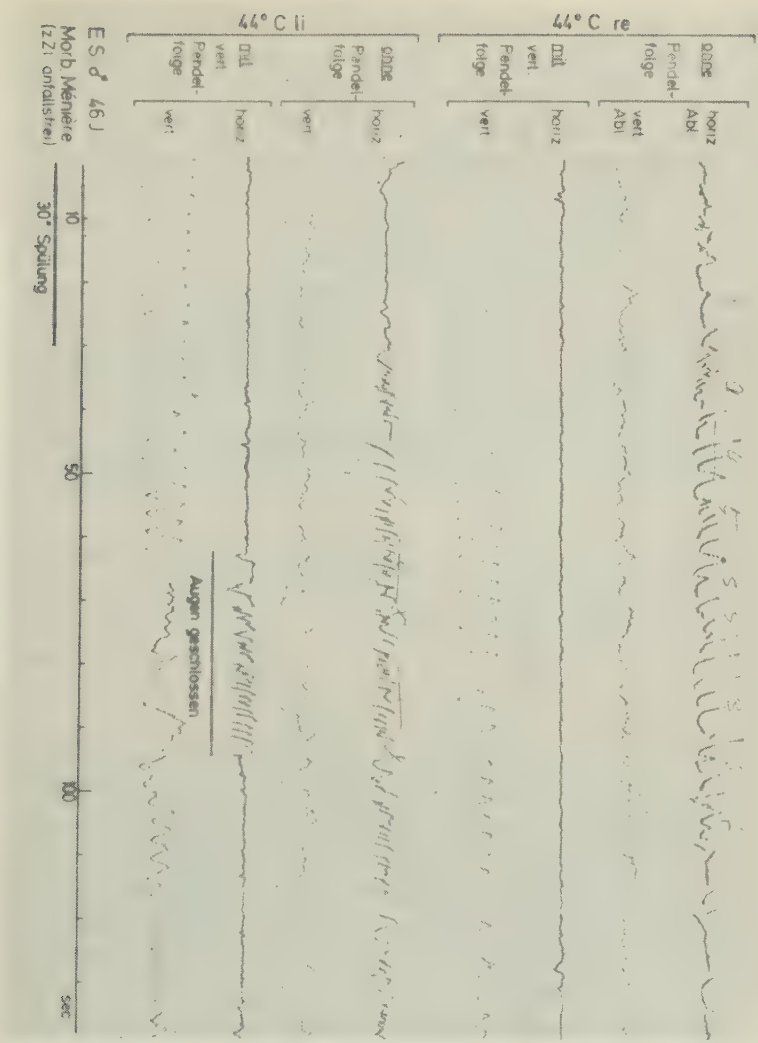


Abb. 3
Patient mit horizontalen u. vertikalen Elektronystagmographieelektroden in Kalorisationsposition auf dem Lagerungstisch nach Frenzel

Als vertikaler Blickfolgestimulus wird ein galgenförmiges Pendel mit einer Batteriehalterung, Schalter und abgeschirmtem Lämpchen am Galgenast verwendet. (s. ABB. 4) Das Pendel ist in einem Kugellager in Augenhöhe lateral am FRENZEL-Tisch gelagert. Das Lämpchen bewegt sich also in einer Kreisbahn mit einem Radius von ca. 1 m um einen Drehpunkt, der im Bereich der Nasenwurzel liegt. Über ein verschiebliches Gewicht kann der Schwerpunkt des Pendels, und damit die Frequenz, in einem bestimmten Bereich variiert werden. Mittels eines an das Pendel angekoppelten Potentiometers werden die Pendelbewegungen in elektrische Werte umgeformt, die auf einer Spur des Elektronystagmogrammes simultan mit den Augenbewegungen aufgezeichnet werden. (s. ABB. 5)

Die Augenbewegungen werden horizontal und vertikal mit Hilfe des Vierkanal-Elektronystagmosgraphen der Fa. Dr. TÖNNIES aufgezeichnet. Für die horizontale Ableitung werden Silberelektroden in beide äußere Augenwinkel gebracht, und die Potentialdifferenz zwischen diesen beiden Elektroden über einen Vorverstärker und einen Hauptverstärker geleitet und auf einer Kurve registriert. Für die vertikalen Ableitungen benutzt man ein Elektrodenpaar über und unter dem linken Auge. Die Augenbewegungen werden in gleicher Weise registriert. Der einzelne Nystagmusschlag imponiert auf der Kurve wie ein Dreieck mit einem kurzen und einem langen Schenkel. Der kurze Schenkel entspricht der schnellen Nystagmusphase, der lange Schenkel der langsamen Nystagmusphase (s. ABB. 6). Die technische Eigenart des TÖNNIES-Elektronystagmographen gestattet allerdings nur die Wechselstromschreibung, d. h. die AC-Nystagmographie. Jeder Nystagmusschlag ist in einem zeitkonstanten Verhältnis verzerrrt.

Abb. 4
Patient in Kalorisationsposition mit 30° Kopfhochlage auf dem Lagerung
tisch nach Frenzel. Das lateral eingesetzte Blickfolgependel schwingt
kal um einen Drehpunkt in Kopfhöhe.



Elektronystagmogramm eines 46jährigen Mannes mit Morbus Menière, der seit einigen Jahren anfallsfrei ist. Vergleich von reinem Kalorisations-Elektronystagmogrammen ohne Pendelfolge mit Kalorisationspendel-Interferenzelektronystagmogrammen mit Pendelfolge. Inder oberen Hälfte des Bildes wird die Warmreaktion des rechten Ohres geprüft, in der unteren Hälft des Bildes die des linken Ohres. Bei der Warmreaktion des rechten Ohres mit vertikaler Pendelfolge sieht man, daß es zu einem Abschalten des kalorischen Nystagmus gekommen ist. In der unteren Hälfte des Bildes erkennt man an der Wamreaktion mit vertikaler Pendelfolge, daß es beim Schließen der Augen zum reaktionsphasengerechten Wiederauftreten des kalorischen Nystagmus nach links kommt.

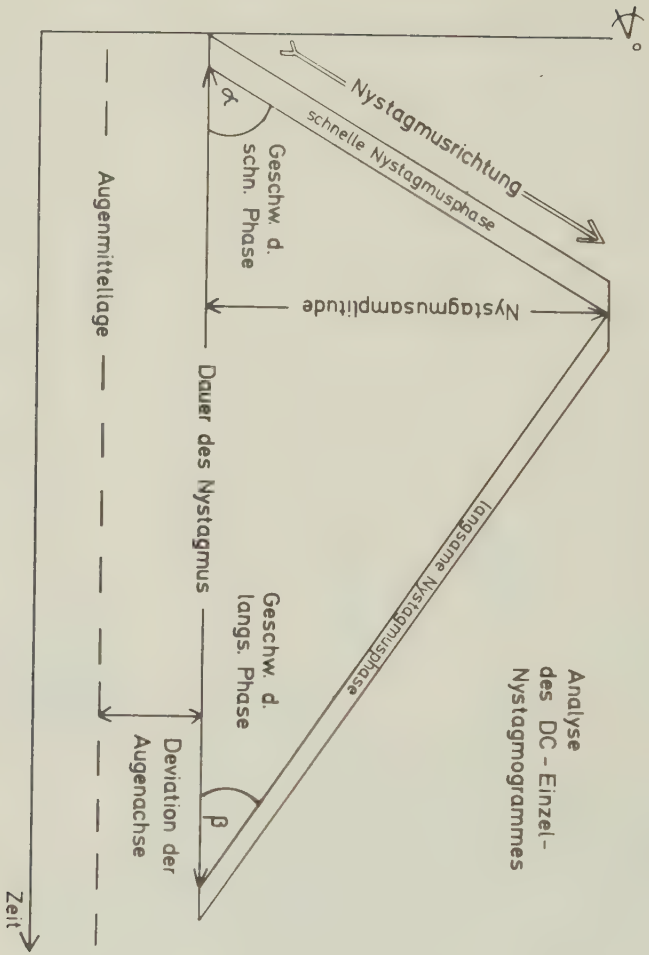


Abb. 6
Wegzeitdarstellung eines einzelnen Nystagmusschlages in Gleichstrom-schreibung (DC-ENG). Zahlreiche Parameter, mit deren Hilfe jeder einzelne Nystagmusschlag ausgewertet werden kann, sind eingetragen.

Die Elektronystagmographiekurven stellen aber nur eine Fixierung des Nystagmusphänomenes auf Zeitkurven dar. Deshalb wird als systematische Auswertungsstruktur das Schmetterlingsverfahren nach CLAUSSEN angewendet. Das Schmetterlingsverfahren wandelt den maximalen Nystagmusschlagratenzuwachs des Spontannystagmus und der kalorischen Nystagmusreaktionen in eine lineare Kennlinie um. In vorangegangenen Arbeiten hat CLAUSSEN dieses Verfahren normiert. Die Kennlinien werden in einem Vier-Quadrantensystem so untergebracht, daß rechts von der Ordinaten die beiden Kennlinien der Warmreaktion links und der Kaltreaktion links eingetragen werden und links von der Ordinaten die beiden Kennlinien der Warmreaktion rechts und der Kaltraktion rechts stehen. Oberhalb der Abszissen stehen die beiden Kennlinien mit Rechtsnystagmus, unterhalb der Abszissen stehen die beiden Kennlinien mit Linksnystagmus (s. ABB. 7).

Beim KPIT wird ein Ausgangsschmetterlingskennlinienmuster ohne Pendelstimulierung nach Kalorisation und ein KPIT-Schmetterlingsmuster mit Kalorisation und mit simultaner Pendelbelastung der Augen ermittelt.

b) An 129 unausgesuchten Routine-Vertigo-Patienten im Alter von 10 bis 70 Jahren (59 männliche, 70 weibliche) wurde der Kalorisations-Pendel-Interferenz-Test ausgeführt. Die Größe dieses Patientenkollektives wurde so festgelegt, daß mit 90%-iger Wahrscheinlichkeit 90% aller Routinepatienten in diese Gruppe fallen. Die Altersverteilung der 129 unausgesuchten Routinepatienten der Hals-Nasen-Ohrenpoliklinik aus dem Frühjahr und Sommer 1970 weist bei den weiblichen Versuchspersonen einen Gipfel zwischen 40 und 60 Jahren und bei den männlichen

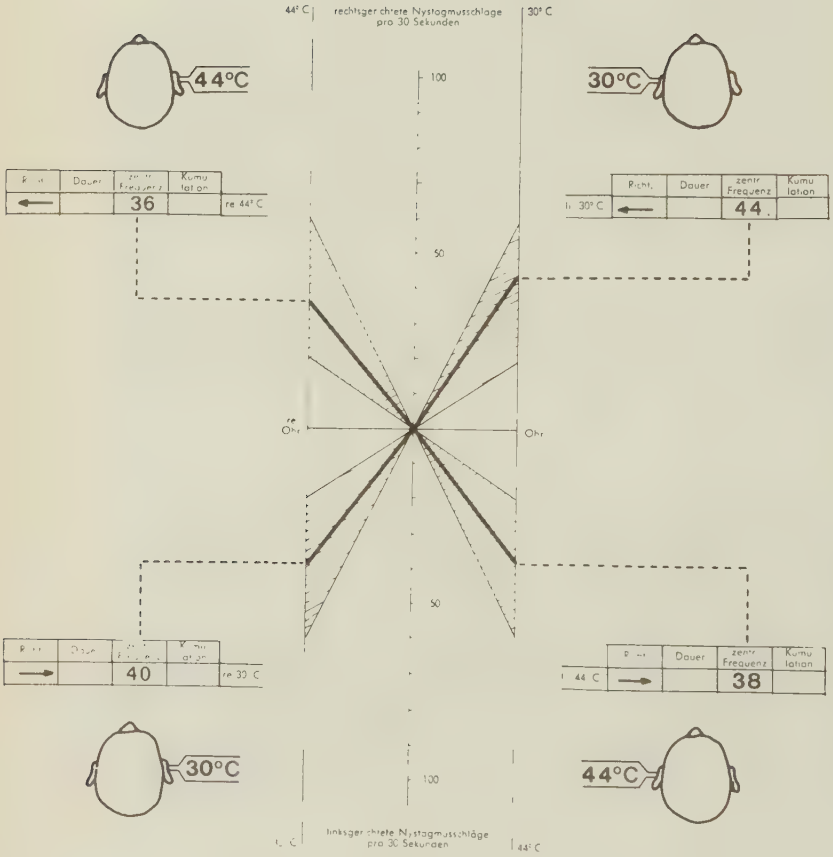


Abb. 7
Schmetterlingsvestibulogramm mit vier kalorischen Kennlinien. Normbereiche schraffiert. Die kalorisierten Ohren, Frequenzkennzahlen pro 30 sec im Kulminationsbereich und die Richtungspfeile sind dem jeweiligen Quadranten systematisch zugeordnet.

einen doppelten Gipfel mit einem Maximum zwischen 50 und 60 Jahren und einem Nebenmaximum zwischen 30 und 40 Jahren auf. (CROW, DAVIS, MAXFIELD) (s. ABB. 8) Bei allen Patienten wird zuerst ein reiner Kalorisationstest ohne Pendelstimulierung mit Schmetterlingsauswertung durchgeführt. Anschließend wird bei denselben Patienten nach einer 6-minütigen Pause auf beiden Ohren mit jeweils zwei Temperaturen der kombinierte Kalorisations- und optische Pendeltest durchgeführt.

c) Versuchsdurchführung:

Beim kombinierten Kalorisation-Pendel-Interferenz-Test muß der Patient im Dunkeln vom Spülbeginn bis zur 120. Sekunde nach Spülbeginn mit den Augen dem mit ca. 0,3 Hz gering gedämpft schwingenden Pendel folgen. Nach der 120. Sekunde wird die Pendellampe abgeschaltet. Das AC-Elektronystagmogramm wird jeweils während einer Periode von 3 - 5 Minuten registriert.

ERGEBNISSE

A. NUMERISCHE ERGEBNISZUSAMMENSTELLUNG

a) Die kalorische Nystagmusfrequenz und die Kumulationszeit bei reiner Kalorisation:

Die numerische Auswertung der kalorischen Nystagmusfrequenz beträgt für die Reaktion rechts 44° C 37,9 ± 17,9 Nystagmusschläge/30 Sekunden im Kumulationsbereich. Der gleiche Wert beträgt für die kalorische Reaktion links 44°C 41,8± 19,6 Nystagmusschläge/ 30 Sekunden im Kumulationsbereich, für die kalorische Kaltreaktion rechts 30° C 43,8 ± 17,6 Nystagmusschläge pro 30 Sekunden im Kumulationsbereich und für die kalorische Kaltreaktion links 30°C 48,3 ± 18,9 Nystagmusschläge/30 Sekunden im Kumulationsbereich.

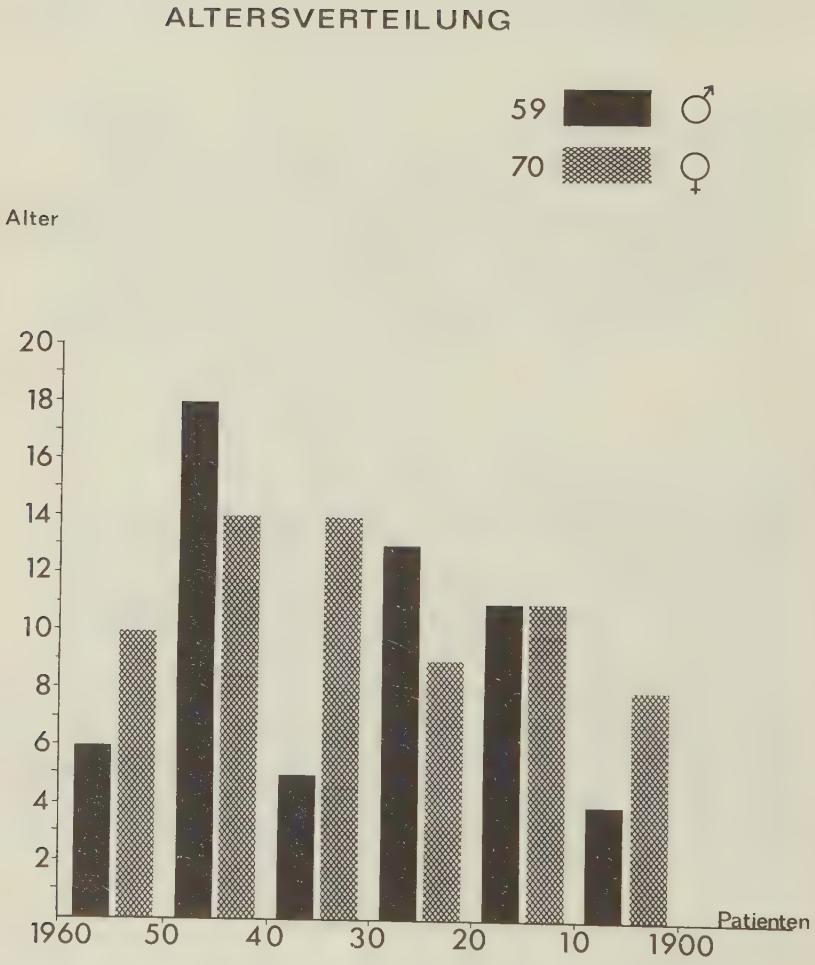


Abb. 8
Alters- und Geschlechtsverteilung der gesamten untersuchten und ausgewerteten Population. (geordnet nach Geburtsjahrgängen)

Der Kumulationszeitpunkt der kalorischen Nystagmusreaktion ohne Blickpendelfolge liegt für die kalorische Reaktion rechts 44^{0} C im Mittel bei 71,1 $\pm$ 17,3 Sekunden. Für die Reaktion links 44^{0} C bei 68,5 $\pm$ 18,6 Sekunden. Für die kalorische Reaktion rechts 30^{0} C bei 64,9 $\pm$ 16,3 Sekunden. Für die kalorische Reaktion links 30^{0} C bei 70,9 $\pm$ 19,7 Sekunden.

Sowohl für die kalorische Nystagmusfrequenz (s. ABB. 9) als auch für den kalorischen Kumulationszeitpunkt (s. ABB. 10) wurden Histiogramme in Schmetterlingsanordnung angefertigt. Für die nystaktische Rechtsreaktion der Frequenz (rechts 44^{0} und links 30^{0} C) scheint die Verteilung homogener zu sein als für die nystaktische Linksreaktion, die beidseits zweigipflig ist (sowohl für rechts 30^{0} als auch für links 44^{0} C). Die Basisbreite der Verteilung ist in allen vier Fällen gleich groß. Es muß erwähnt werden, daß bei der kalorischen Reaktion links 44^{0} ein auffälliger Frequenzgipfel zwischen 30 und 40 Nystagmusschlägen pro 30 Sekunden besteht. Insgesamt sind die Verteilungen der kalorischen Nystagmusfrequenz annähernd von GAUSS'schem Häufigkeitscharakter.

Bei der Darstellung des Kumulationszeitpunktes scheinen die Verteilungen der nystaktischen Linksreaktion (rechts 30^{0} C und links 44^{0} C) homogener zu sein als die Verteilungen der nystaktischen Rechtsreaktion (rechts 44^{0} C und links 30^{0} C), denn letztere besitzen beidseits eine zweigipflige Verteilung. Die Basisbreite aller vier Verteilungen ist gleich groß, denn sie erstreckt sich zu einem Kumulationszeitpunkt von 130 Sekunden. Im Gegensatz zur kalorischen Frequenzverteilung weist die Verteilung der Kumulationszeiten ein asymmetrisches Häufigkeitsmuster für alle vier Reaktionen auf. (s. ABB. 10).

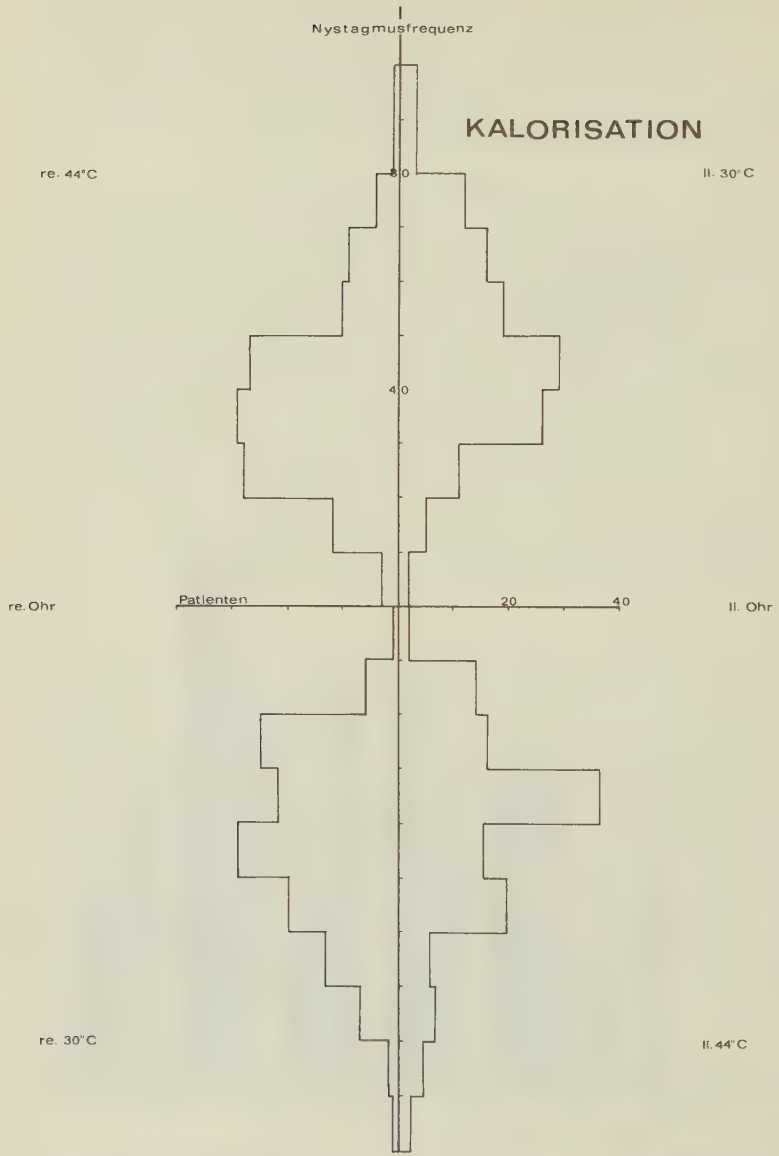


Abb. 9: Verteilung der Nystagmusschlagraten bei Kalorisation über 30 Sekunden im Kulminationsbereich in den 4 Quadranten des Schmetterlingsmusters. Die Frequenz ist auf der Ordinate, die Anzahl der Patienten auf der Abszisse dargestellt.

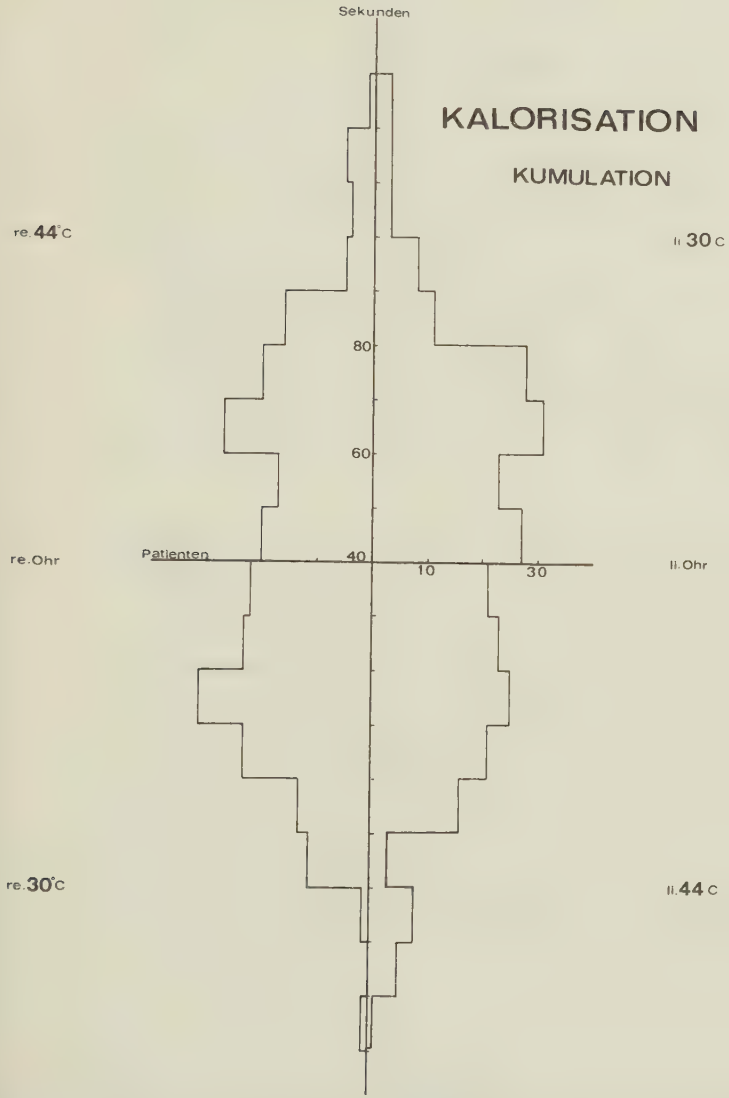


Abb. 10 Verteilung der Dauer bei Kalorisation vom Spülbeginn bis zum Frequenzkulminationspunkt für alle kalorischen Nystagmusreaktionen in Vierquadrantenanordnung. Die Dauer ist auf der Ordinate, die Anzahl der Patienten auf der Abszisse aufgetragen.

b) Die kalorische Nystagmusfrequenz und die Kumulationszeit bei Blickpendelfolge:

Die mittlere, maximale Nystagmusfrequenz während 30 Sekunden bei Kalorisation und gleichzeitiger opto-kinetischer Blickpendelfolge beträgt für die kalorische Rechtsreaktion (44° C rechts) 27,1 ± 19,7 Nystagmusschläge/ 30 Sekunden im Kumulationsbereich, für die kalorische Linksreaktion (44° C links) 27,3 ± 18,6 Nystagmusschläge/ 30 Sekunden im Kumulationsbereich, für die kalorische Rechtsreaktion (30° C rechts) 30,6 ± 19,8 Nystagmusschläge/ 30 Sekunden im Kumulationsbereich, für die kalorische Linksreaktion (30° C links) 35,8 ± 21,1 Nystagmusschläge/ 30 Sekunden im Kumulationsbereich. Unberücksichtigt bleibt bei dieser Auszählung allerdings, daß die numerisch ausgewertete Nystagmusfrequenz meistens noch von einem zusätzlich undulierenden Augenmuster auf der Nystagmographiekurve überlagert ist. Für die Verteilung im KPIT wurden entsprechend dem Schmetterlingsschema Histiogramme angefertigt (s. ABB. 11 u. 12).

Die beiden Histiogramme der Warmreaktion (rechts 44° C und links 44° C) scheinen homogen zu sein. Die beiden Histiogramme der Kaltreaktionen (links 30° C und rechts 30° C) scheinen inhomogener zu sein, denn sie sind zweigipflig. Die Basisbreite der rechtsgerichteten Nystagmusreaktion (rechts 44° C und links 30° C) ist beidseits gleich groß, nämlich sie erstreckt sich von 0 - 100 Nystagmusschläge. Die Basisbreite der beiden linksgerichteten Nystagmusreaktionen ist unterschiedlich groß und geringer als die der rechtsgerichteten, nämlich sie erstreckt sich für rechts 30° C von 0 - 90 Nystagmusschläge und für links 44° C von 0 - 80 Nystagmusschläge pro 30 Sekunden im Kumulationsbereich. Auffällig ist, daß sich das Frequenzverteilungsmuster für alle vier Reaktionen unter

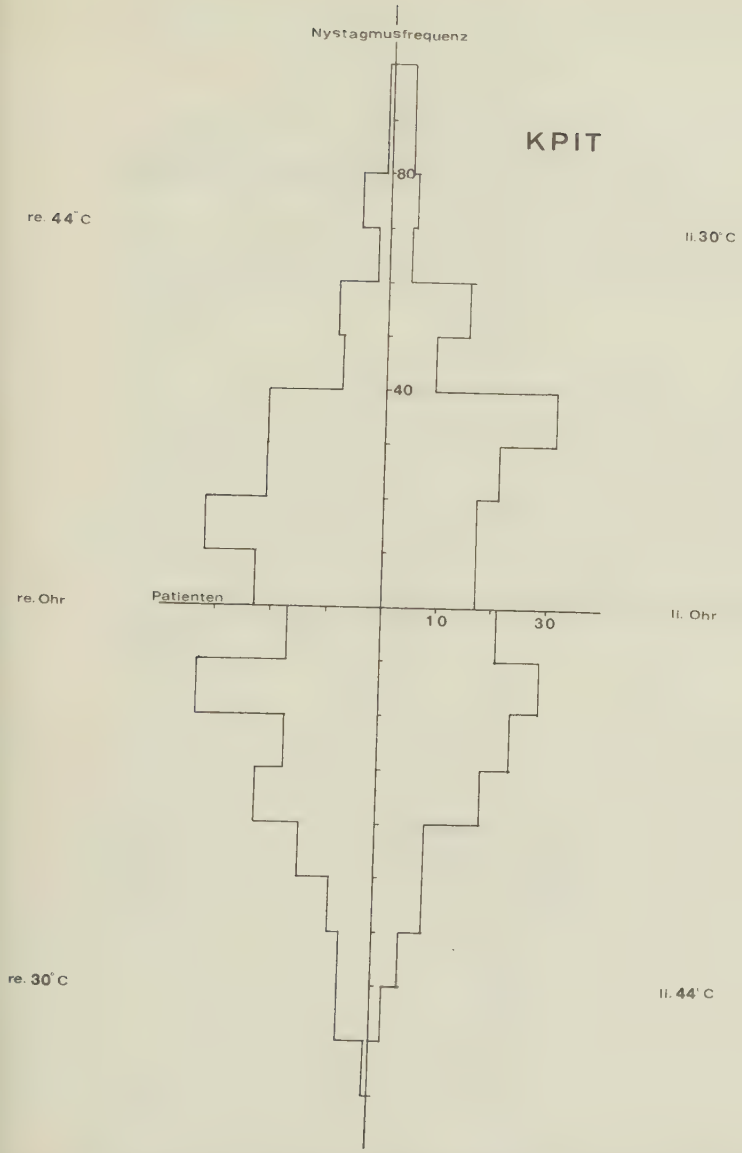


Abb. 11: Verteilung der Nystagmusschlagraten im KPIT über 30 Sekunden im Kulminationsbereich in den 4 Quadranten des Schmetterlingsmusters. Die Frequenz ist auf der Ordinate, die Anzahl der Patienten auf der Abszisse dargestellt.

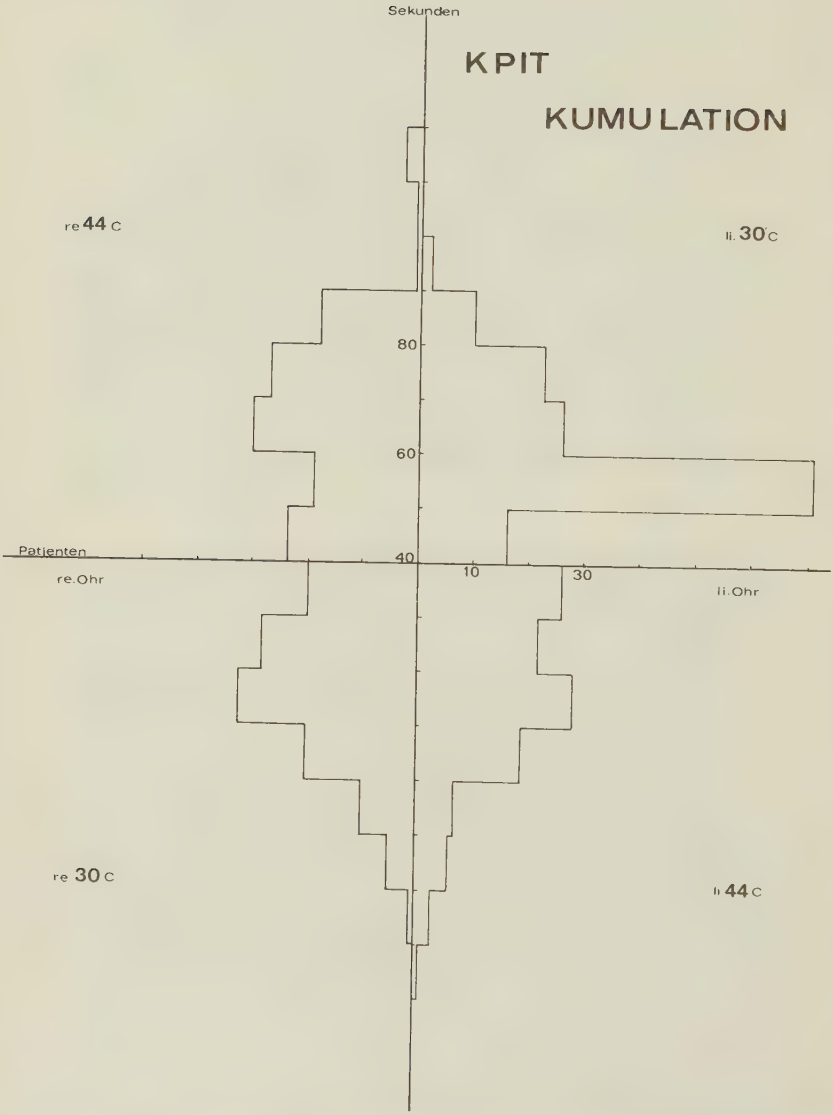


Abb. 12: Verteilung der Dauer im KPIT vom Spülbeginn bis zum Frequenzkulminationspunkt für alle kalorischen Nystagmusreaktionen in Vierquadrantenanordnung. Die Dauer ist auf der Ordinate, die Anzahl der Patienten auf der Abszisse aufgetragen.

dem Einfluß des gleichzeitigen Pendelstimulus von einer annähernd GAUSS-verteilten Häufigkeit zu einer asymmetrisch verteilten Häufigkeit verschoben hat. Das Maximum der Verteilung hat sich deutlich gegen 0 verschoben.

Der Kumulationszeitpunkt liegt für die kalorische Reaktion bei simultaner Blickpendelfolge für die Rechtsreaktion (44^{0} C rechts) bei 56,8 $\pm$ 22,8 Sekunden, für die Linksreaktion (44^{0} C links) bei 61,6 $\pm$ 18,9 Sekunden, für die kalorische Rechtsreaktion (30^{0} C rechts) bei 60 Sekunden $\pm$ 19,9 Sekunden, für die kalorische Linksreaktion (30^{0} C links) bei 62,5 $\pm$ 15,3 Sekunden.

Die Verteilung der Kumulationszeitpunkte im KPIT zeigt eine Inhomogenität aller vier Histiogramme gegeneinander. Die Histiogramme der Warmreaktionen (rechts 44^{0} C und links 44^{0} C) scheinen ähnlich zu sein, sie besitzen allerdings nicht die gleiche Basisbreite, rechts 44^{0} C besitzt eine Basisbreite von 40 - 130 Sekunden, links 44^{0} C eine Basisbreite von 40 - 120 Sekunden. Das Häufigkeitsverteilungsmuster weist wiederum eine asymmetrische Häufigkeitscharakteristik für alle vier Reaktionen auf.

Die Histiogramme des Kumulationszeitpunktes der Kaltreaktion bei gleichzeitiger Blickpendelfolge (links 30^{0} C und rechts 30^{0} C) sind einander von der Gestalt her unähnlicher, sie besitzen aber beide die gleiche Basisbreite, nämlich 40 - 110 Sekunden. Auffällig ist ein großer Gipfel der Kaltreaktion links zwischen der 50. und 60. Sekunde.

c) Reaktionsdifferenz zwischen der rein kalorischen und der kalorischen Reaktion mit simultaner opto-kinetischer Blickpendelfolge:

Die Frequenzdifferenz der kalorischen Nystagmusreaktionen gegenüber der gleichzeitigen Kalorisation mit Blickpendelfolge beträgt für die Warmreaktion rechts 44° C als mittlere Frequenzabnahme 10,4 ± 22,7 Nystagmusschläge/ 30 Sekunden im Kumulationsbereich, für die kalorische Reaktion links 44° C 13,7 ± 19,1 Nystagmusschläge/ 30 Sekunden im Kumulationsbereich, für die kalorische Reaktion rechts 30° C 12,3 ± 21 Nystagmusschläge/ 30 Sekunden im Kumulationsbereich, für die kalorische Reaktion links 30° C 13,2 ± 23,8 Nystagmusschläge pro 30 Sekunden im Kumulationsbereich.

Auch von den Frequenzdifferenzen zwischen der reinen Kalorisation und der Kalorisation mit gleichzeitiger Blickpendelfolge wurden Histiogramme nach Art des Schmetterlingsschemas angelegt (s. ABB. 3). Es ist auffällig, daß diese Histiogramme vom Verteilungscharakter her wieder eine GAUSS-verteilte Struktur zeigen. Die beiden Differenzverteilungen der rechten Seite (rechts 44° C und rechts 30° C) sind eingipflig, während die beiden Verteilungen der Differenzfrequenz der linken Seite (links 30° C und links 44° C) zweigipflig sind.

Die Verteilung der Kumulationszeitpunktdifferenzwerte ergibt für die Kumulation der kalorischen Warmreaktion rechts (rechts 44° C) 12,1 ± 24,7 Sekunden. Für die kalorische Warmreaktion links 44° C 8,5 ± 25 Sekunden, für die kalorische Kaltreaktion rechts (30° C) 7,6 ± 22,8 Sekunden, für die kalorische Kaltreaktion (links 30° C) 19,8 ± 26,6 Sekunden, für die Mittelwerte ist ein Richtungsüberwiegen der rechtsgerichteten Reaktionen (rechts 44° und links 30°) festzustellen.

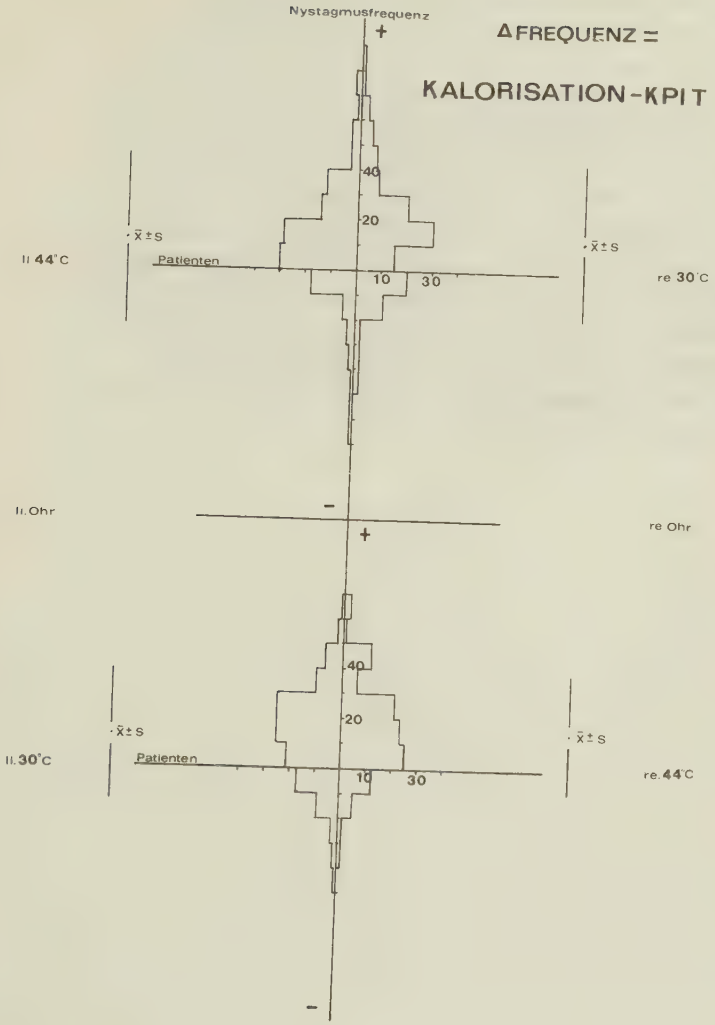


Abb. 13: Verteilung der Differenz der Nystagmusschlagraten zwischen Kalorisation und KPIT in den 4 Quadranten des Schmetterlingsmusters. Die Frequenz ist auf der Ordinate, die Anzahl der Patienten auf der Abszisse dargestellt.
x = Mittelwert, s = Standardabweichung

Auch von den Kumulationszeitdifferenzen zwischen reiner Kalorisation und der Kalorisation mit gleichzeitiger opto-kinetischer Blickpendelfolge wurden Histiogramme nach Art des Schmetterlingsschemas angelegt (s. ABB. 14). Von allen vier Histiogrammen kann eine Ähnlichkeit eigentlich nur zwischen den linken Seiten, nämlich rechts 30^{0} C und links 44^{0} C festgestellt werden. Die Basisbreite beträgt auf der linken Seite in beiden Fällen 130 Sekunden. Zu dem inhomogenen Aussehen der beiden Reaktionen auf der rechten Seite (rechts 44^{0} C und rechts 30^{0} C) tritt außerdem eine unterschiedliche Basisbreite hinzu, nämlich 120 und 130 Sekunden. Auffällig ist, daß von dem Verteilungsmuster her im Gegensatz zu den anderen Kumulationsverteilungsmustern nun eine GAUSS-verteilte Struktur herrscht. Sämtliche Verteilungen sind eingipflig.

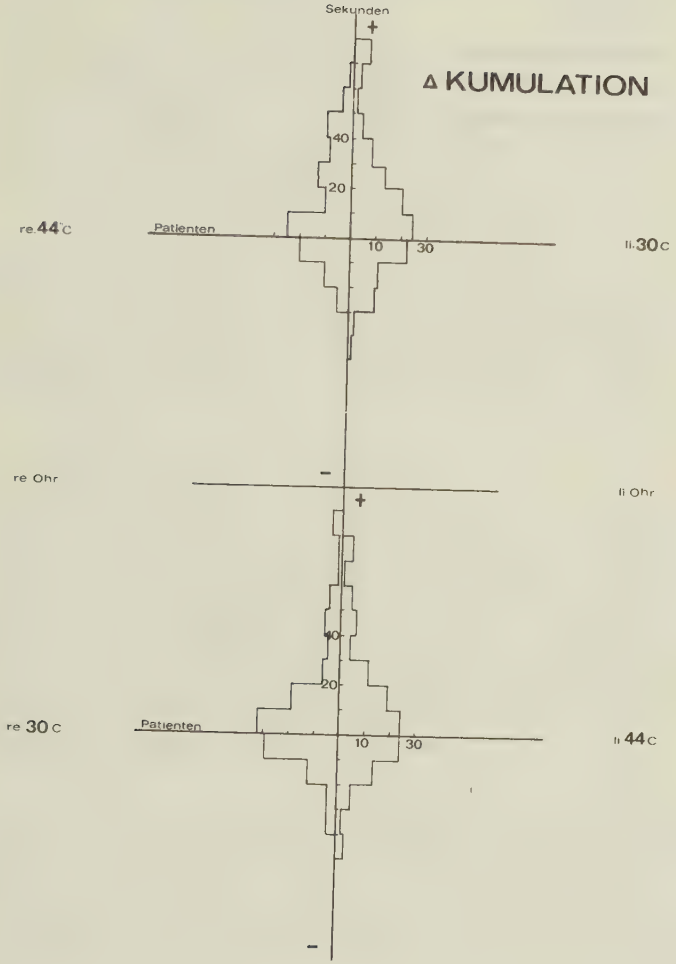


Abb. 14: Verteilung der Differenz der Dauer vom Spülbeginn bis zum Frequenzkulminationspunkt für alle kalorischen Nystagmusreaktionen in Vierquadrantenanordnung. Die Dauer ist auf der Ordinate, die Anzahl der Patienten auf der Abszisse aufgetragen.

B. NACH REAKTIONSMUSTER ZUSAMMENGESTELLTE ERGEBNISSE

a) Über pathologische kalorische Schmetterlingsformen ohne Pendelfolge:

Die Schmetterlingsvestibulometrie ermöglicht die Synopsis von vier Teilkalorisationen und dem Spontannystagmus zu einem pathognomischen Gesamtmuster. Von CLAUSSEN wurden diese Muster hinsichtlich ihrer diagnostischen Bedeutung klassifiziert. Auf diesen Schlüssel greifen wir bei den von uns angetroffenen Mustern zurück.

Der große Schmetterling wird in 8 Fällen gefunden. Eine kalorische Überfunktion der Kaltreaktion links tritt in 12 Fällen, ein Überfunktion der Kaltreaktion rechts in 9 Fällen, eine Überfunktion der gesamten linken Seite, also eine bilaterale Asymmetrie mit Überfunktion links, in 6 Fällen auf (s. ABB. 15).

Hinsichtlich der Unterfunktion kommt der kleine Schmetterling oder eine allseitige nystaktische Unterfunktion in 2 Fällen, die Unterfunktion nur einer Reaktion für die Warmreaktion links in 3 Fällen, für die Kaltreaktion rechts in 2 Fällen und für die Kaltreaktion li. in 1 Fall vor. (s. ABB. 16). Das Verhältnis von Überfunktion- zu Unterfunktionsfällen ist 49 zu 14. Auffällig ist weiterhin, daß gewisse Muster der Über- bzw. der Unterfunktion nicht vorkommen, während andere Häufig vertreten sind. Re. 44 gibt es weder als Über- noch als Unterfunktion. Für die Relation vom großen zum kleinen Schmetterling gilt ein Verhältnis von 4 : 1, das sich etwa auch mit dem Verhältnis von Überfunktion allgemein zu Unterfunktion allgemein deckt.

Bei den nicht auftretenden Reaktionsmustern fällt auf, daß aber das spiegelbildlich entgegengesetzte Muster auftreten kann.

Die vergesellschaftete Über- und Unterfunktion tritt in Form von 3 Kombinationen, insgesamt aber nur in 4 Fällen, auf.

b) Über typische Muster bei der Differenzbildung zwischen der kalorischen Nystagmusfrequenzreaktion und der kalorischen Pendelfolgeinterferenzreaktion:

ba) Frequenzsteigerung im KPIT:

Eine allseitige Frequenzsteigerung beim Kalorisationspendelinterferenztest, also nach Art der Bildung eines großen Schmetterlings, tritt in 11 der Fälle auf. In 9 der Fälle tritt eine Reaktionssteigerung in 3 Reaktionen, nämlich der Warmreaktion links und der beiden Kaltreaktionen auf. In 7 Fällen tritt eine Reaktionssteigerung in 3 Reaktionen, nämlich der Kaltreaktion rechts und bei den beiden Warmreaktionen auf. Eine Reaktionssteigerung in 3 Reaktionen tritt auf in 6 Fällen, nämlich bei der Warmreaktion re. und den beiden Kaltreaktionen. Eine isolierte Reaktionssteigerung tritt in 9 Fällen bei der Kaltreaktion links und in 8 Fällen bei der Warmreaktion links auf. Auffällig ist, daß als einziges Muster das Muster der Reaktionssteigerung der beiden Warmreaktionen und der Kaltreaktion links nicht vorkommt. (s. A88. 17)

Insgesamt kommt es zu einer Frequenzsteigerung beim KPIT gegenüber der normalen Kalorisationsreaktion bei re. 44° in 36 Fällen, bei li. 44° C in 43 Fällen, bei re. 30° C in 45 Fällen und bei links 30° C in 42 Fällen. Auffällig ist, daß die Frequenzvermehrung bei Kaltkalorisation (Rechts 30° C und links 30° C) seltener auftritt als beim linksgerichteten Nystagmus, wobei die Warmreaktion links wiederum deutlich abfällt. (s. A88. 17)

bb) Über die extreme nystaktische Frequenzvermehrung im Kalorisationspendelinterferenztest gegenüber der reinen Kalorisation:

Eine Frequenzsteigerung von mehr als 30 Nystagmusschlägen pro 30 Sek. gegenüber der normalen kalorischen Reaktion wird als pathologischer Extrembereich gewertet. In diesen Bereich fallen insgesamt für die kalorische Warmteaktion re. 44° 5 Fälle, für die kalorische Warmreaktion li. 44° 1 Fall, für die kalorische Kaltreaktion re. 30° 4 Fälle und für die kalorische Reaktion links 30° 4 Fälle. Bei der isolierten Nystagmusenthemmung wird auffälligerweise der Quadrant mit der Warmreaktion links ausgespart. (s. A88. 18).

Abb. 17: Häufigkeit sämtlicher im KPIT mit einer Frequenzzunahme über 30 Sekunden im Kulminationsbereich verbundenen Reaktionsmuster. Die Häufigkeit ist auf der Ordinate, die nach dem Schmettlingsschema dargestellten Reaktionsmuster auf der Abszisse aufgetragen.

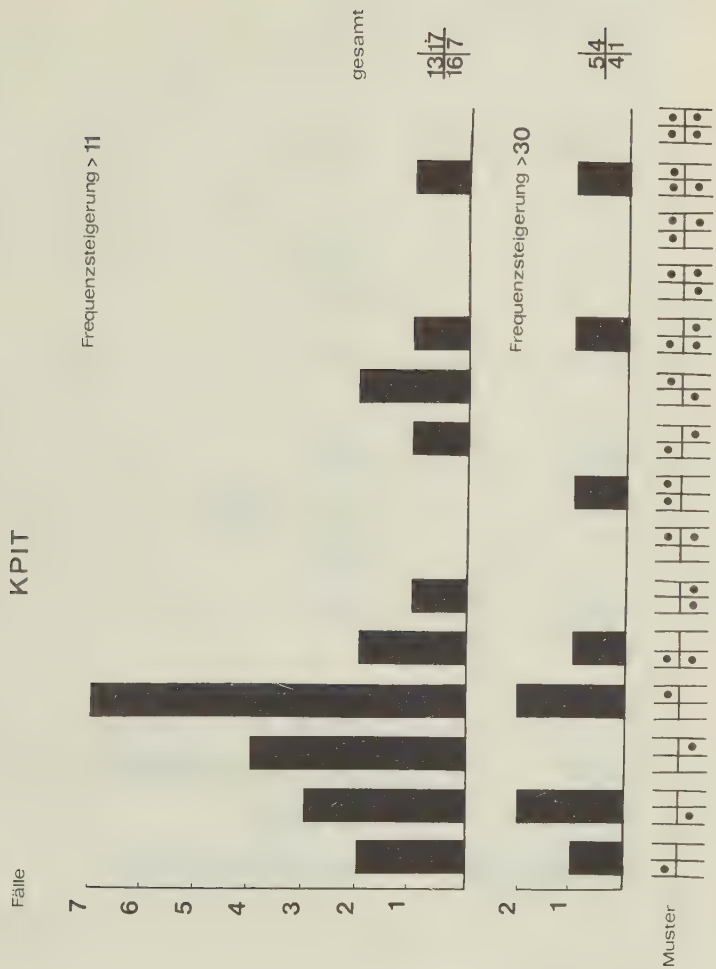


Abb. 18: Oben: Häufigkeit sämtlicher im KPIT mit einer Frequenzzunahme von mehr als 11 Nystagmusschlägen über 30 Sekunden im Kulminationsbereich verbundenen Frequenz-Reaktionsmuster.
Unten: Häufigkeit sämtlicher im KPIT mit einer Frequenzzunahme von mehr als 30 Nystagmusschlägen über 30 Sekunden im Kulminationsbereich verbundener Frequenz-Reaktionsmuster. Die Häufigkeit ist auf der Ordinate, die nach dem Schmetterlingsschema dargestellten Reaktionsmuster auf der Abszisse aufgetragen.

bc) Muster de Nystagmusunterdrückung im Schmetterlingstest bei Kalorisationspendelinterferenz:

Eine allseitige vollständige Nystagmusunterdrückung kommt in 4 von insgesamt 129 Fällen vor. Eine vollständige Unterdrückung der Rechtswarmreaktion (44° C) tritt in 9 Reaktionen, eine totale Unterdrückung der kalorischen Reaktion links 44° C in 8 Fällen, eine totale Unterdrückung der kalorischen Reaktion rechts 30° C in 7 Fällen und eine totale Unterdrückung der kalorischen Reaktion links 30° C in 4 Fällen auf. Die totalen Unterdrückungen sind bei den Einzelreaktionen berücksichtigt. Davon gehören 4 zu einer allseitigen totalen Unterdrückung (s. A88. 19)

Weitere Kombinationen der totalen Unterdrückung sind einmal rechts 44° und links 44° C, dann re. 44°, links 44° und re. 30° C und in einem Fall die Kombination links 44° C und re. 30° C. Vereinzelte totale Unterdrückungen treten in 3 Fällen rechts bei 44° und einem Fall links bei 44° C und re. 30° C auf. In diesem Fall scheint hinsichtlich der totalen Nystagmusunterdrückung die kalorische Warmreaktion bevorzugt zu sein entsprechend der Annahme, daß Kalt der stärkere Reiz ist und daher nur Kombinationsunterdrückungen möglich sind. (s. A88. 19)

Links 30° C tritt nur in der totalen Kombinationsunterdrückung auf. Links 30° C hat bei der Kalorisation sowie im KPIT die höchste Frequenz und zeigt die geringste Unterdrückung - genau gegenläufig zu rechts 44° C.

Die in die gleiche Richtung zielenden Spülungen zeigen kein einheitliches Bild.

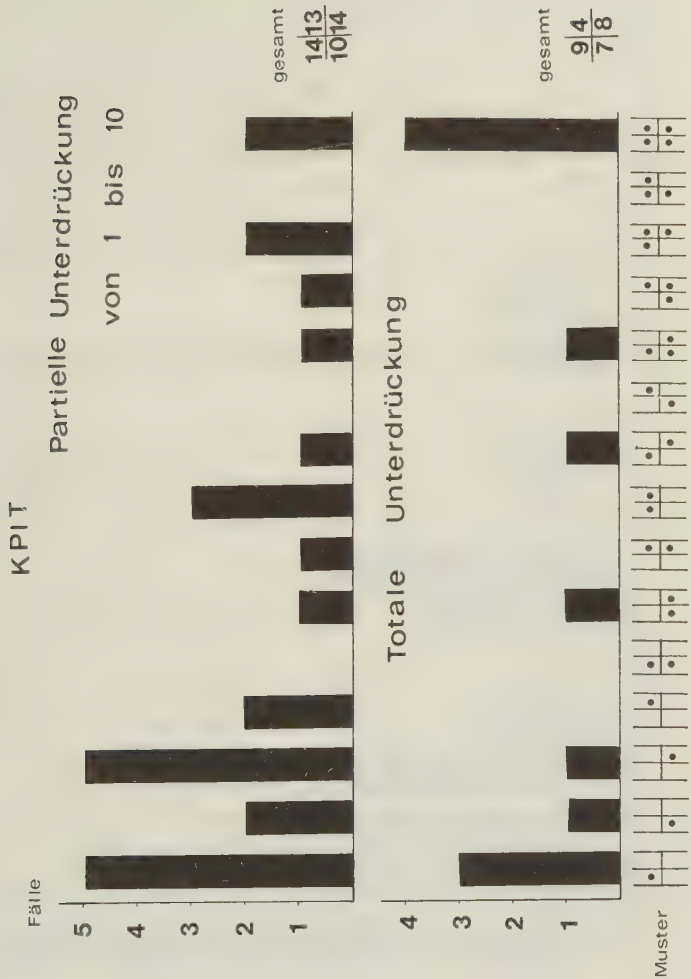


Abb. 19: Oben: Häufigkeit sämtlicher im KPIT mit einer Frequenzzunahme von 1 - 10 Nystagmusschlägen über 30 Sekunden im Kulminationsbereich verbundenen Frequenz-Reaktionsmuster.
Unten: Häufigkeit sämtlicher im KPIT mit einer totalen Hemmung der Nystagmusschläge über 30 Sekunden im Kulminationsbereich verbundenen Frequenz-Reaktionsmuster.
Die Häufigkeit ist auf der Ordinate, die nach dem Schmetterlingsschema dargestellten Frequenz-Reaktionsmuster auf der Abszisse aufgetragen.

bd) Partielle Nystagmusausschaltung im KPIT:

Wegen der Nystagmusfeinauslösung bei der Auswertung kann der Begriff der totalen Unterdrückung noch ergänzt werden durch den Begriff der partiellen Nystagmusausschaltung. Für diesen Fall rechnen wir aus praktischen Gründen eine Unterdrückung bis auf einen Restnystagmus von 1 - 10 Nystagmusschlägen im Frequenzmaximum über 30 Sek. als positive Reaktion. Die partielle Nystagmusunterdrückung wird gefunden bei re. 44° in 14 Fällen, bei links 44° in 14 Fällen, bei re. 30° in 10 Fällen und bei li. 30° in 13 Fällen. Drei Kombinationen treten überhaupt nicht auf. (s. ABB. 19)

c) Über die Muster des Kumulationszeitpunktes im Kalorisationstest:

Folgende Muster der auffälligen Kumulationszeitverlängerung treten auf: einmal 11 Fälle re. 44° isoliert, dann 8 Fälle 30° links isoliert, sodann 7 Fälle 44° C isoliert, sodann 6 Fälle 30° C isoliert. Als kombiniertes Muster wird in 5 Fällen die kumulationszeitverlängerung re. 44° und links 30°, also des rechtsgerichteten Nystagmus gefunden.(s. ABB. 20) Als Kumulationszeitverkürzung findet man folgende isolierte Muster: re. 44° in 6 Fällen, links 30° C in 6 Fällen, links 44° in 5 Fällen. (s. ABB. 21) Das Verhältnis von Überfunktion zu Unterfunktion beträgt 50 : 37 und unterscheidet sich damit deutlich von dem der Frequenz. Zahlreiche Kombinationsmuster treten wiederum nicht auf. Auffällig ist, daß die Kombination von Kumulationszeitverkürzung und Kumulationszeitverlängerung häufiger, nämlich in 15 Fällen anzutreffen ist, während das bei der Frequenz nur 4 Fälle waren. Daher muß besonders hervorgehoben werden, daß gerade bei der Kumulationszeitverlängerung bzw. Kumulationszeitverkürzung kombinierte Muster seltener sind und die isolierten Muster im Vordergrund stehen, d. h., eine Reaktion fällt aus dem Rahmen, während die anderen Reaktionen noch im Normbereich sind. Von 32 Fällen, die vorher im Normbereich liegen, werden im KPIT 21 länger und 11 kürzer hinsichtlich der Kumulationszeit.

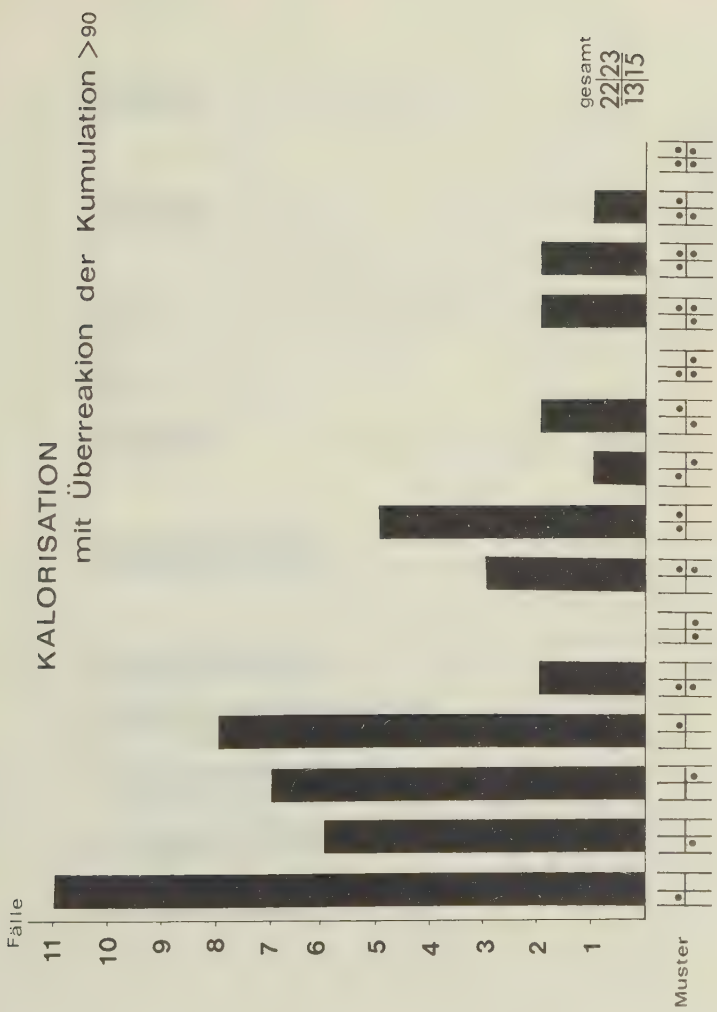


Abb. 20: Häufigkeit sämtlicher bei Kalorisation über dem Normbereich liegender Zeitreaktionsmuster. Die Häufigkeit ist auf der Ordinate, die nach dem Schmetterlingsschema dargestellten Zeit-Reaktionsmuster auf der Abszisse aufgetragen.

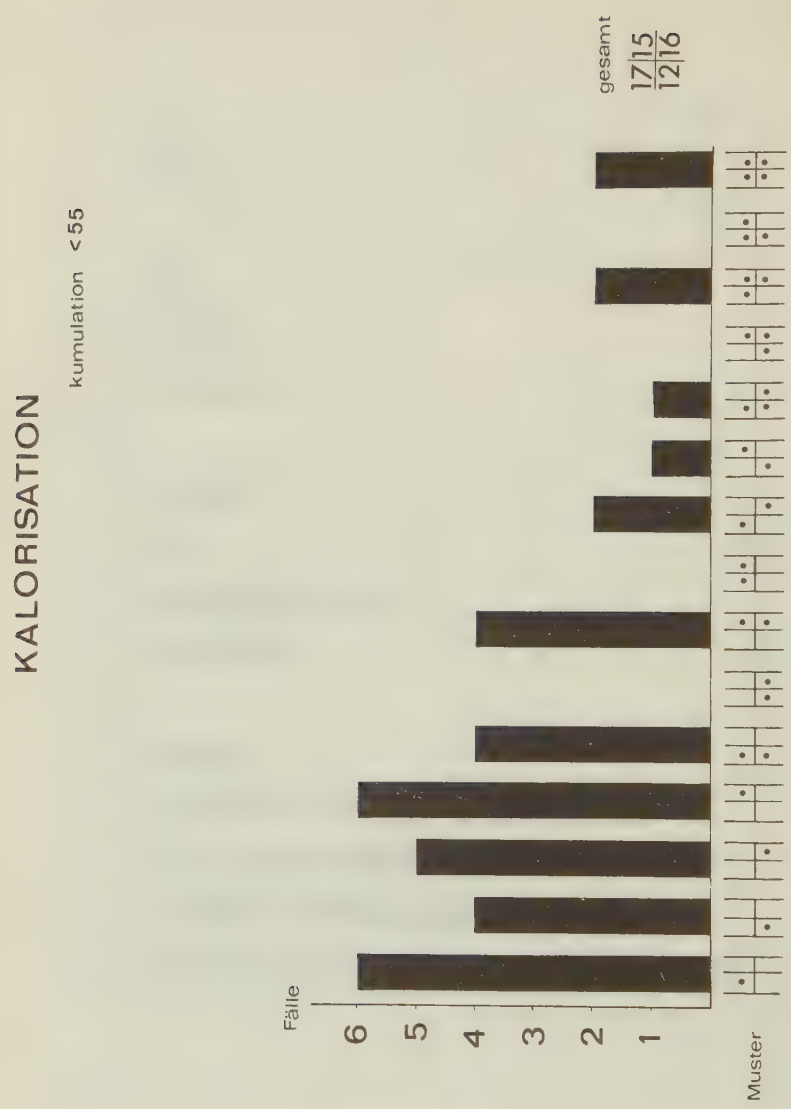



Abb. 21: Häufigkeit sämtlicher bei Kalorisation unter dem Normbereich liegender Zeit-Reaktionsmuster. Die Häufigkeit ist auf der Ordinate, die nach dem Schmetterlingsschema dargestellten Zeit-Reaktionsmuster auf der Abszisse aufgetragen.

d) Über Muster des Kumulationszeitpunktes im KPIT:
Für die Kumulation muß festgestellt werden, daß alle Arten der Kombinationen der Kumulationszeitverlängerung vorkommen.
Am häufigsten wird die isolierte Kumulationszeitverlängerung bei rechts warm gefunden in 10 Fällen im Gegensatz zur Frequenz. In 9 Fällen wird die Kumulationszeitverlängerung bei links kalt gefunden, in 7 Fällen bei rechts kalt, in 7 Fällen bei links warm. Kombinierte Kumulationszeitverlängerung der linksgerichteten Nystagmusreaktionen (re. 30° u. li 44°) findet man in 7 der Fälle. Kombinierte Kumulationszeitverlängerung in 3 Reaktionen findet man für die Kaltreaktion re. und die beiden Warmreaktionen in 7 Fällen, für die Warmreaktione li. und die beiden Kaltreaktionen in 6 Fällen. Eine allseitige Kumulationszeitverlängerung findet man in 6 Fällen, eine einseitige linksseitige Kumulationszeitverlängerung findet man ebenfalls in 6 Fällen (s. ABB. 22).

Auch bei der Kumulationszeitverkürzung treten alle Kombinationen auf.

Die allseitige Kumulationszeitverkürzung steht mit 19 Fällen an erster Stelle, es folgen links kalt, rechts kalt und links warm in 11 Fällen, dann rechts warm, rechts kalt und links warm in 10 Fällen. In 9 Fällen kommen die Warmreaktionen rechts und links sowie die Kaltreaktion links als ein Muster und die nach rechts gerichteten Nystagmusreaktionen (re. 44° C. u. li. 30° C) vor. Im Gegensatz zur reinen Kalorisation treten alle Muster der Kumulationszeitverkürzung auf. (s. ABB. 23). Die kombinierten Kumulationszeitverkürzungen sind stärker vertreten als die isolierten, was dem sonstigen Kumulationszeitverhalten widerspricht.

Über das Verhältnis von kalorischer Reaktion zu kalorischer Pendelfolgereaktion unter besonderer Berücksichtigung des Normverhaltens und der pathologischen Abweichung:
Von 56 im Normbereich liegenden Frequenzwerten werden unter Pendeleinfluß 29 enthemmt, während 27 eher verringert werden.

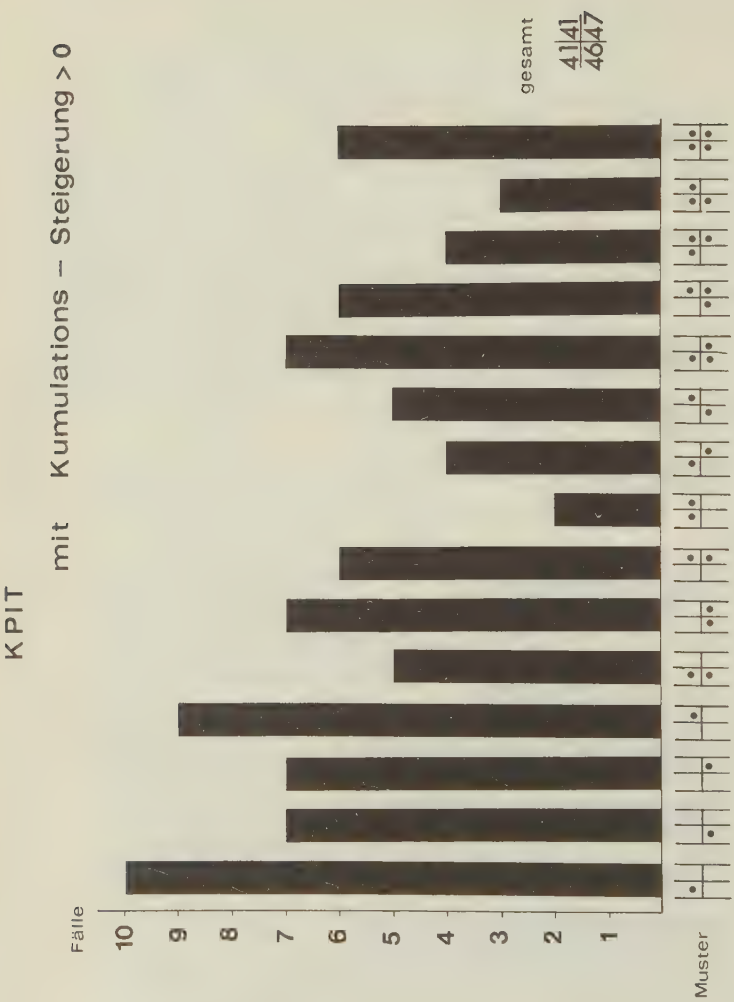


Abb. 22.: Häufigkeit sämtlicher im KPIT mit einer Zeit-Zunahme über 30 Sekunden im Kulminationsbereich verbundenen Zeit-Reaktionsmuster. Die Häufigkeit ist auf der Ordinate, die nach dem Schmetterlingsschema dargestellten Zeit-Reaktionsmuster auf der Abszisse aufgetragen.

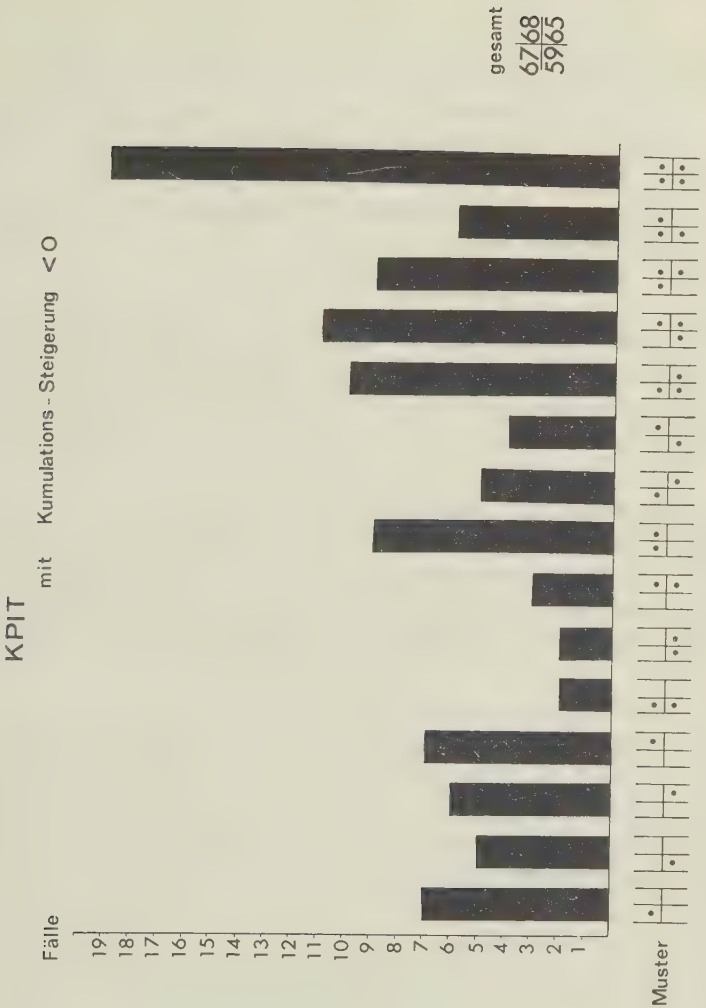


Abb. 23: Häufigkeit sämtlicher im KPIT mit einer Zeit-Abnahme über 30 Sekunden im Kulminationsberich verbundenen Zeit-Reaktionsmuster. Die Häufigkeit ist auf der Ordinate, die nach dem Schmetterlingsschema dargestellten Zeit-Reaktionsmuster auf der Abszisse aufgetragen.

Primär normal hinsichtlich Kumulationszeitpunkt und Frequenz sind 14 Fälle. Von diesen 14 Fällen weisen im Kalorisationspendelinterferenztest 5 (35,7%) eine Abweichung hinsichtlich einer Frequenzvermehrung auf. Von 42 Fällen, bei denen primär die Frequenz im Normbereich und der Kumulationszeitpunkt außerhalb des Normbereiches liegt, weisen 24 (57%) Fälle eine Frequenzvermehrung auf. Von 17 Fällen, bei denen die kalorische Nystagmusfrequenz primär abweicht und der Kumulationszeitpunkt im Normbereich liegt, weisen 5 Fälle (29,9%) eine Nystagmusfrequenzsteigerung auf. Von 46 Fällen, bei denen sowohl der Kumulationszeitpunkt als auch die Nystagmusfrequenz außerhalb des Normbereiches liegen, weisen 22 Fälle (48%) eine Frequenzsteigerung auf. Der KPIT läßt eine Störung anscheinend deutlicher hervortreten als die reine Kalorisation. Die höchste Frequenzzunahme zeigen die Muster, deren Kumulationen außerhalb der Normbereiche liegen.

Insgesamt verhält sich die Kumulationszeitverlängerung zu der Frequenzvermehrung wie 76 : 56 der Fälle. Von der Häufigkeit des Auftretens her fällt auf, daß kombinierte Muster bei der Frequenz häufiger und isolierte Muster häufiger bei der Kumulationszeit anzutreffen sind mit Ausnahme der Kumulationszeitverkürzungen im KPIT.

Bei Betrachtung der Δ Werte wurde gefunden, daß eine Frequenzsteigerung mit einer normalen Kumulation nur in 3 Fällen verbunden war. In 37 der Fälle dagegen zeigt sich, daß eine Kumulationszeitverlängerung mit einer normalen Frequenz kombiniert war. Hiernach scheint die Zeit ein genauerer Parameter für die Anzeige von Störungen zu sein als die Frequenz.

Diese Aufstellung ist um alle die Fälle bereinigt, bei denen es zu keiner nystaktischen Richtungsumkehr gekommen ist.

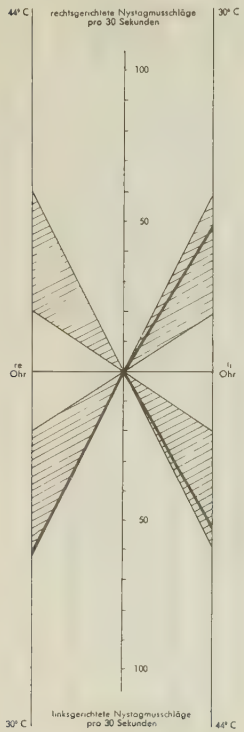
IV. DARSTELLUNG VON EINZELFÄLLEN

Ein besonderes Interesse gilt bei der klinischen Anwendung des Kalorisationspendel-Interferenztestes der Darstellbarkeit von Störungen in der klinischen Kasuistik. Stellvertretend für andere Beispiele soll an erster Stelle der Fall eines 58jährigen Patienten mit einer peripheren Gleichgewichtsfunktionsstörung, d. h. einer Störung im Bereich des ersten Neuron bzw. Receptors, dargestellt werden.

Der 58jährige Patient M. K. leidet seit ca. 20 Jahren an Gangunsicherheit. Er klagt über Ohrgeräusche beidseits, trägt sei langer Zeit ein Hörgerät und ist auf dem linken Ohr ertaubt. Daneben besteht bei ihm ein lagekonstanter Spontannystagmus nach links, der bei 30 Kopfhochlage stärker ausgeprägt ist als in Horizontallage. Bei der kalorischen Prüfung ergibt sich ein Ausfall der Warmreaktion rechts mit Spontannystagmus nach links. Die Kaltreaktion rechts liegt oberhalb der Norm, alle anderen Kalorisationsreaktionen liegen im Normbereich. Der Patient kommt mit schweren Schwindelbeschwerden zur Untersuchung. Drei Monate nach der Untersuchung ist der Schwindel abgeebbt, die Ohrsymptome bestehen weiter. Einen Monat nach dieser ersten Untersuchung ist die fehlende Richtungsumekhr behoben, alle Kalorisationsreaktionen liegen nun innerhalb der Norm.

Im Kalorisationspendelinterferenztest ist aber nach der zweiten Untersuchung die fehlende Richtungsumkehr der Warmreaktion nach rechts noch voll erhalten. Alle anderen Reaktionen liegen im Normbereich. (S. A88.24)

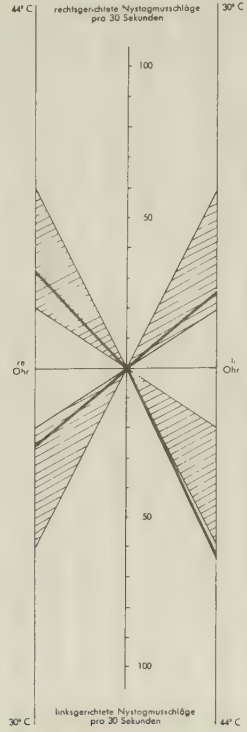
Damit drückt dieser Fall aus, daß eine funktionelle Störung im Bereich des Eingangsgliedes des Vestibulo-okulären Funktionssystemes im Kalorisationspendelinterferenztest länger sichtbar ist als bei der Einzelkalorisation.



kalorische Prüfungen ohne Pendelfolge

	Richt	Dauer	zentr Frequenz	Kumulation
re 44° C	←		Ø	Ø
re 30° C	→		63	70
li 44° C	→		53	80
li 30° C	←		50	130

M.K. ♂ 58 J



kalorische Prüfungen mit Pendelfolge

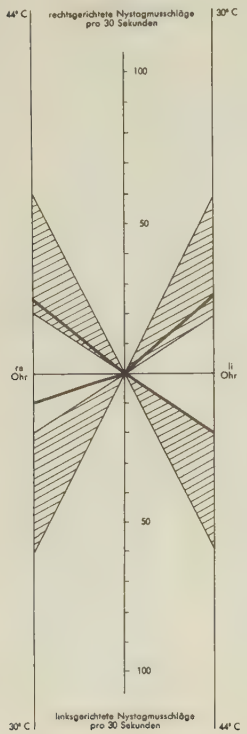
	Richt	Dauer	zentr Frequenz	Kumulation
re 44° C	←		33	45
re 30° C	→		26	85
li 44 C	→		62	75
li 30° C	←		26	75

Abb. 24

Außerordentlich hohe Kompensationsleistungen können auch von jungen Menschen aufgebracht werden. In diesen Fällen beobachten wir dreimal ein totales Schalterverhalten. Diese Ausfälle der Prüfung müssen allerdings als unspezifische angesehen werden, zumal die Tendenz in die Richtung auf eine allgemeine Frequenzabnahme bei Blickpendelfolge deutet. Der Mittelwert liegt um 29,8% niedriger als die Kalorisationsreaktion ohne Pendelfolge.

Als Beispiel möchten wir eine 24jährige Sportstudentin erwähnen, die über keinerlei Gleichgewichts- oder Ohrbeschwerden klagte. Sie hatte zwar als Kind eine Mittelohrentzündung und Scharlach durchgemacht. Ihre bevorzugte Sportart ist Schwimmen und Tennis. Weder in 0^{o} noch in 30^{o} Kopfhochlage war ein Spontannystagmus auslösbar. Bei der einfachen kalorischen Nystagmusprüfung liegen alle Kennlinien im Normbereich. Im Kalorisationspendel-Interferenztest konnte ein absolutes Schalterverhalten beobachtet werden (s. ABB. 25)

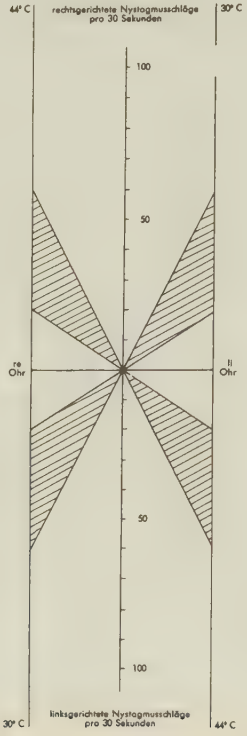
Bei den zentralen Gleichgewichtsfunktionsstörungen zeigt sich eine auffällige Häufung der Fälle, bei denen der Pendelstimulus zu einer Nystagmusenthemmung führt. Dieses Verhalten nennen wir Auslöseverhalten. Es gilt sowohl für die Frequenzsteigerung als auch für die Kumulationszeitverlängerung. Im Falle der zentralen Störungen vermuten wir eine direkte Schädigung von hemmenden Mechanismen im Gleichgewichtssteuersystem im Stammhirn und im Diencephalon. Wie wir an zahlreichen Fällen aufzeigen können, lassen sich sowohl generalisierte vasogene Schäden als auch monolaterale Schäden mit dieser Methode entlarven, d. h. die Kalorisationsprüfung ohne Pendelfolge ergibt ein normales Kennlinienbild. Bei gleichzeitger Blickpendelfolge kommt es zu einer derartigen Frequenzzunahme des induzierten Nystagmus, daß die Kennlinien aus dem Normbereich heraustreten. Hierher gehört auch der Fall eines 65jährigen Patienten, der wegen Schwankschwindels, zeitweiser Übelkeit und Tinnitus im Anschluß an eine Grippe in das neurootologische Labor kam. Die Schwindelauslösung erfolgte jedesmal durch Kopfdrehung. Leichtere Schwindelbeschwerden habe der Patient schon seit drei Jahren bemerkt.



kalorische Prüfungen ohne Pendelfolge

	Richt.	Dauer	zentr. Frequenz	Kumulation.
re 44° C	←		25	50
re 30° C	→		10	45
li 44° C	→		20	75
li 30° C	←		26	75

S.B. ♀ 24 J



kalorische Prüfungen mit Pendelfolge

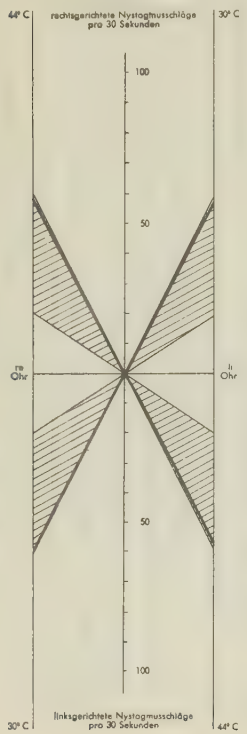
	Richt.	Dauer	zentr. Frequenz	Kumulation.
re 44° C	←		Ø	Ø
re 30° C	→		Ø	Ø
li 44° C	→		Ø	Ø
li 30° C	←		Ø	Ø

Abb. 25

Der Hals-Nasen-Ohren-ärztliche Spiegelbefund war unauffällig. Röntgenologisch fand sich eine ausgeprägte Osteochondrose der Halswirbelsäule von C3 bis C6 mit Einengung der foranina intervertebralia. Von den Neurologen wurde der Verdacht auf eine basculäre Genese der Beschwerden geäußert. Die einfache kalorische Vestibularisprüfung ergab bei der Auswertung mittels der Schmetterlingsmethode nach Cl. ein Kennlinienmuster der kalorischen Nystagmusfrequenz, das allseitig an der oberen Grenze der Norm lag. Bei der Untersuchung mittels der Kalorisationspendel-Interferenzmethode zeigt unser Patient eine Nystagmusenthemmung. Es entsteht das Muster des sogenannten großen Schmetterlings. (s. ABB. 26) Wir deuten diesen Befund als zentrale Störung. Der Kalorisationspendel-Interferenztest dient also als Provokationsmethode für eine zentrale Nystagmusenthemmung. Auch bei der Untersuchung des vestibulospinalen Verhaltens mittels der Craniocorpographie mit Leuchtmarkenaufzeichnung in Schulter- und Kopfhöhe erkennen wir auffällig breite Lateralschwankungen, die für zentrale Gleichgewichtsfunktionsstörungen sprechen. Auf Grund der gefundenen zentralen Gleichgewichtsfunktionsstörungen im vestibulo-okulären und vestibulo-spinalen Bereich der auffälligen Halswirbelsäulenveränderungen mit Einengungen der foranina intervertebralia und der neurologischen Diagnose einer vasogenen Störung im zentralen Nervensystem halten wir die Diagnose zentraler vasogener Schwindel entsprechend unserem heutigen Wissen für angebracht.

Als schwer deutbare Fälle müssen die zwei folgenden angesehen werden, bei denen sowohl Schalter- als auch Auslöseverhalten bestand. Bei diesen Fällen kommt es bei der einen oder anderen Reaktion zu einem Reaktionsstop in der Pendelfolge und bei anderen Reaktionen zu einer Reaktionssteigerung unter Blickpendelfolge.

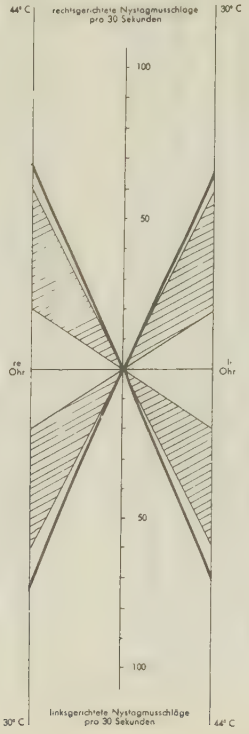
Die 59jährige Patientin klagt seit drei Jahren über zunehmende Schwerhörigkeit, seit zwei Jahren über Schwindel und Ohrensausen links, sowie



kalorische Prüfungen ohne Pendelfolge

	Richt	Dauer	zentr. Frequenz	Kumulation
re 44° C	←		59	70
re 30° C	→		60	80
li 44° C	→		59	75
li 30° C	←		58	75

R.W. ♂ 65 J



kalorische Prüfungen mit Pendelfolge

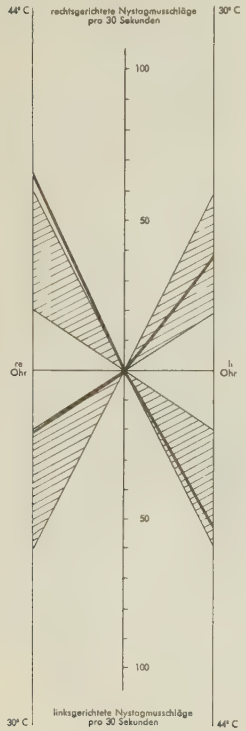
	Richt	Dauer	zentr. Frequenz	Kumulation
re 44° C	←		68	70
re 30° C	→		72	60
li 44° C	→		70	80
li 30° C	←		65	70

Abb. 26

einem Hörverlust von 100 dB. Die röntgenologische Untersuchung der Halswirbelsäule ergibt eine mäßige Osteochondrose und beginnende spondylosis deformans im caudalen Cervikalbereich. Die Mineralisation der Halswirbelsäule ist an der unteren Grenze der Norm. Bei ihr wurde früher die Diagnose eines Morbus Menière gestellt. Am 3. 2. 1970 erfolgte eine Innenohrausschaltung nach Cawthorne. Die vestibuläre Prüfung, die zwei Wochen später erfolgte, ergab einen Spontannystagmus in allen Lagen, der nach rechts gerichtet war. Die Warmreaktion rechts überschreitet die Norm, während alle anderen Reaktionen im Normbereich liegen.

Im Kalorisations-Pendel-Interferenz-Test zeigt sich auf der operierten linken Seite - links 44° C - keine Richtungsumkehr. Alle anderen Werte sind erhöht. Rechts 44° C liegt jetzt weit über dem Normbereich. S. A88. 27

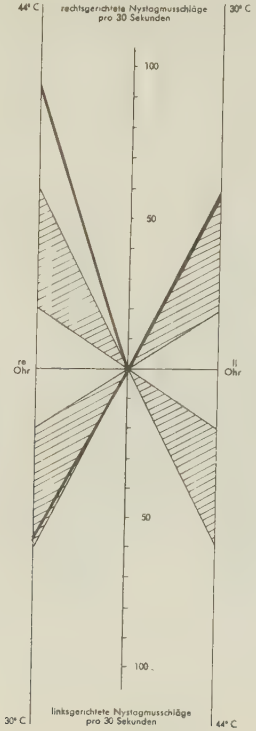
Der zweite Patient, ein 71jähriger Mann, leidet seit 2 Jahren an Schwankstörungen, welche minutenlang andauern, von Übelkeit begleitet werden und in jeder Körperlage ausgelöst werden können. Beidseits besteht eine Hörverminderung von 100 dB. Außerdem klagt er über Geruchs- und Geschmacksverlust sowie über einen Hypertonus. 1960 erlitt er einen Herzinfarkt, 1967 eine Lungenentzündung. Der Spontannystagmus schlägt in 0° und 30° Lage nach rechts. Die normale kalorische Prüfung ohne Blickpendelfolge liegt bei ihm, mit Ausnahme der Kaltreaktion links, im Normbereich. Die Kaltreaktion links zeigt eine Unterfunktion. Im Kalorisations-Pendel-Interferenz-Test findet bei den nach links gerichteten Schlägen keine Richtungsumkehr statt. Die anderen Werte liegen leicht über der Norm. (s. A88. 28) Hier haben wir den Fall, daß eine Nystagmusrichtung vollkommen ausgeschaltet, die andere Nystagmusrichtung bei gleichzeitiger Blickpendelfolge enthemmt wird.



kalorische Prüfungen ohne Pendelfolge

	Richt.	Dauer	zentr. Frequenz	Kumulation
re 44° C	←		65	75
re 30° C	→		21	65
l 44° C	→		52	85
li 30° C	←		38	70	

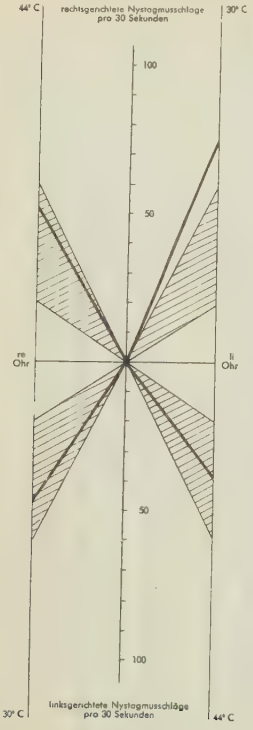
PC. ♀ 59 J



kalorische Prüfungen mit Pendelfolge

	Richt.	Dauer	zentr. Frequenz	Kumulation
re 44° C	←		94	75
re 30° C	→		56	50
l 44° C	→		0	0
li 30° C	←		58	65

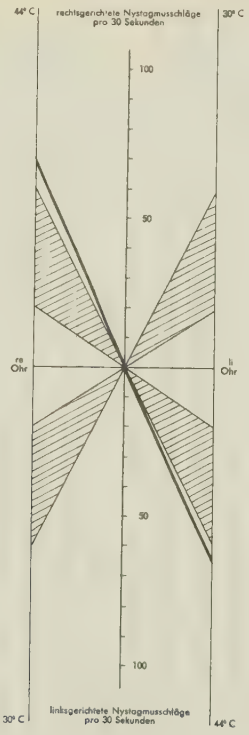
Abb. 7



kalorische Prüfungen ohne Pendelfolge

	Richt.	Dauer	zentr. Frequenz	Kumulation
re 44° C	←		52	55
re 30° C	→		46	75
li 44° C	→		39	50
li 30° C	←		73	105

K.M. ♂ 71 J



kalorische Prüfungen mit Pendelfolge

	Richt.	Dauer	zentr. Frequenz	Kumulation
re 44° C	←		68	75
re 30° C	→		Ø	Ø
li 44° C	→		65	110
li 30° C	←		Ø	Ø

Abb. 28

V. DISKUSSION

Die Gleichgewichtsfunktionsprüfungen werden oft allein als Funktionsprüfungen des Innenohres angesehen (Montandon). Es ist aber bekannt, daß der experimentelle vestibulär ausgelöste Nystagmus bei Verlaufsuntersuchungen gesunder Probanden z. B. dem Einfluß von Schlafentzug unterworfen ist (Soyka).

Ansätze, die von der Betrachtung allein des Ohres ausgehen, wurden von verschiedenen Autoren unternommen (Berendes u. Schröder, Claussen). Über Störungen der visuellen Wahrnehmung nach Vestibularisausfall berichtete Meyer zum Gottesberge 1952. Genauso wie von einer Gruppe von Autoren Beziehungen vom Ohr und Schwindel (Stenger, Frenzel, et al.) diskutiert wurden, so wurde von anderen Autoren das Auge zum Schwindel in Beziehung gesetzt (Remky). Um diesen Beziehungen zwischen Auge und Ohr, die durch die hervorragende Arbeit von Trinker, Sieber und Bartual über die Schwingungsanalyse des vestibulär, optokinetisch und durch elektrische Reizung ausgelösten Augenbewegungen beim Menschen auch eine klinische Deutung einbringen, hat Claussen 1969 den Kalorisations-Pendel-Interferenz-Test entwickelt. Dieser Versuch, der oben in seiner Durchführung genau beschrieben wird, geht davon aus, daß im Gehirn ein Kontrollsystem vorliegt, welches gleichzeitig von den verschiedenen Receptoren einlaufende Informationen sinnvoll verknüpft und verarbeitet (Young, Meiry, Li). Der Patient wird zunächst dem einfachen Kalorisationstest mit Warm- und Kaltspülungen der Ohren und Schmetterlingsauswertung der kalorischen Nystagmusreaktionen und dann dem Kalorisationstest bei gleichzeitiger Blickpendelfolge unterworfen. Stellt man die Nystagmusschlagraten nach Kalorisation denen nach Kalorisation mit gleichzeitiger Blickpendelfolge gegenüber, so geht aus dem Vergleich der beiden Grafiken (Nr. 9 und 11) hervor, daß es im Mittel zu einer Nystagmusfrequenzverminderung zwischen 26 und 34% der Schläge über 30 Sekunden im Kumulationsbereich bei unserem gesamten Patientenkollektiv kommt. Dabei kann eine stärkere Reaktionsabschwächung der beiden linksgerichteten Nystagmusreaktionen, nämlich 28 und 26,6% beobachtet werden. Eine Beobachtung, die auch aus anderen neurophysiologischen Beobachtungen abgeleitet werden kann, zeigt, daß das System nicht mittellinienorientiert und symmetrisch aufgebaut ist, sondern daß es in beiden Richtungen unterschiedlich stark ausgeprägt ist.

Im Mittel geringere Schwankungen weist die Kumulationszeitverschiebung ohne und mit Blickpendelfolge auf. Die Schwankungen hinsichtlich der zeitlichen Lage betragen 7,5 bis 20%. Hierbei fällt auf, daß die Kumulationszeitverschiebung der rechtsgerichteten Nystagmusreaktionen größer sind, nämlich 11,9 und 20%, als die der linksgerichteten Nystagmusreaktionen, nämlich 7,5 und 10%.

Wiederum fällt hierbei auf, daß nicht eine Orientierung nach gereiztem Ohr, sondern nach räumlicher Augensteuerungsebene erfolgt. Auch dieses System ist nicht nullinien- oder mittellinienorientiert und symmetrisch nach beiden Seiten.

Da es sich beim KPIT nicht nur um die Prüfung einer Warmreaktion im Verhältnis zu einer Pendelreaktion, sondern um die Prüfung von zwei Warmreaktionen und zwei Kaltreaktionen im Verhältnis zu einer jeweiligen dazugeschalteten Pendelreaktion handelt, gewinnt der Test an Komplexität. Um sich eine Übersicht über den echten Ausfall des Tests zu verschaffen, muß man sich, der Schmetterlingsmethode nach Claussen folgend, synoptische Reaktionsgesamtmuster herstellen. Aus den synoptischen Gesamtmustern geht hervor, daß z. B. im Nystagmusfrequenzverhalten in einzelnen Fällen bei Blickpendelfolge die gesamte kalorische Reaktion unterdrückt werden kann (s. ABB. Nr. 19). Die Unterdrückung einzelner Reaktionen ist möglich. Auffällig ist, daß in unserem Patientengut in keinem einzigen Fall die völlige Unterdrückung der Kaltreaktion links beobachtet werden konnte, wohingegen die Warmreaktion rechts relativ häufig unterdrückt wurde. Einzelne Muster kommen besonders selten hinsichtlich der totalen Unterdrückung oder auch der partiellen Unterdrückung, wobei eine Reaktionsverminderung von 1 bis 10 Schlägen pro 30 Sekunden gemeint ist, vor. Zu diesen Mustern gehört eine Unterdrückung in den ersten drei Quadranten, d. h. Kaltreaktion links, Warmreaktion rechts, und Kaltreaktion rechts und Warm- und Kaltreaktion auf der rechten Seite. Bei dem Vergleich mit den Kalorisationsmustern ohne Blickpendelfolge ergibt sich, daß bei der Unterdrückung nicht die gleiche Häufigkeitsverteilung der einzelnen Muster gewahrt ist.

So finden wir in dem Schmetterlingsmuster mit Unterfunktion durchaus Fälle mit Hemmungen der Kaltreaktion links und mit Dreifach-Hemmung der ersten drei Quadranten. Von dieser Verteilung weicht die Verteilung der Unterdrückungsmuster deutlich ab. (s. A88. 19)

Beim Vergleich der Kalorisationsenthemmungsmuster stellt sich heraus, daß das häufigste Muster der Nystagmusenthemmung jenes des sogenannten großen Schmetterlings ist, bei dem alle vier kalorischen Reaktionen zunehmen. An zweiter STelle folgt eine isolierte Enthemmung der Kaltreaktion links. Keine Enthemmung wurde beobachtet bei der Kombination aus Wamreaktion rechts, Kaltreaktion links, Warmreaktion links. Vergleicht man die Enthemmungsmuster (s. A88. 17 u. 18) mit den Überfunktionsmustern der untersuchten Population bei einfacher Kalorisation, so fällt auf, daß das häufigste Muster dort die isolierte Enthemmung der Kaltreaktion links ist. Dieser Umstand ist auch aus zahlreichen physiologischen und klinischen Arbeiten anderer Autoren (Claussen, Henriksson, Hallpike) bekannt. Auffällig ist, daß bei dem beobachteten Patientenkollektiv kein einziger Patient eine isolierte Enthemmung der Warmreaktion rechts aufweis. Weiterhin kann beobachtet werden, daß gemessen nach der Häufigkeit des Auftretens entweder eine Enthemmung nur einer einzigen Reaktion, oder eine Enthemmung von drei oder mehr Reaktionen zu beobachten ist. Die Enthemmung von nur zwei Reaktionen scheint von untergeordneter Bedeutung zu sein.

Wie aus den vorangegangenen Überlegungen hervorgeht, scheint es einen Unterdrückungs- bzw. Enthemmungsmechanismus im KPIT zu geben, der die vestibuläre Reaktion in nebengeordneter Bedeutung behandelt. Der KPIT fördert also Mechanismen der zentralen Informationsauseinandersetzung zutage, die bei der reinen vestibulo-okulären Prüfung mit geschlossenen Augen übersehen werden, die aber auch nicht bei der Beobachtung mittels der Frenzelbrille auffallen.

Die Kumulationszeitverlängerung, dargestellt als synoptisches Muster aller vier Reaktionen, zeigt bei den reinen Kalorisationen ein deutliches Überwiegen der Einzelreaktionen mit einem Schwerpunkt der Warmreaktion rechts (s. ABB. 20). An zweiter Stelle folgen die Verlängerungsmuster bei zwei Reaktionen und an dritter Stelle bei drei Reaktionen, während bei vier Reaktionen keine allseitige Kumulationszeitverlängerung beobachtet werden kann. Bei gleichzeitiger Pendelfolge verändert sich das Bild aber. Man erkennt zwar wiederum, daß die Kumulationszeitverlängerung bei den vier kalorischen Einzelreaktionen an erster Stelle rangiert, nunmehr ist aber kein Unterschied mehr bei den Mustern mit Kumulationszeitverlängerung von nur zwei Reaktionen oder drei Reaktionen oder gar vier Reaktionen zu erkennen (s. ABB. 22). Hierbei weicht das Verhalten deutlich von dem vorgegebenen Verhalten der Population bei reiner Kalorisation ab. Das Verhalten der Kumulationszeit hinsichtlich Kumulationszeitverkürzung zeigt ebenfalls deutlich ein Häufigkeitsmaximum bei den Einzelreaktionen (s. ABB. 21). Dies Maximum ist gefolgt bei zwei Reaktionen, an dritter Stelle rangiert das Verhalten bei drei oder vier Reaktionen. Bei gleichzeitiger Blickpendelfolge dagegen stehen die Muster mit drei oder vier Reaktionen an erster Stelle, gefolgt von den Einzelreaktionen. Auch hier wieder eine deutliche Abweichung gegenüber den Mustern bei reiner Kalorisation (s. ABB. 23). Die vier kalorischen Einzelreaktionen der Kumulation zeigen bei Kalorisation und im KPIT bei sämtlichen Kumulationssteigerungen ein ähnliches Bild. Mit den vorangegangenen Ausführungen soll ein Versuch unternommen werden, das Gesamtverhalten des Organismus auf zwei simultane Stimuli vom Gesamtreaktionsmuster her zu deuten, welches sich wesentlich vom statistischen Mittel einzelner Unterreaktionen unterscheidet. Die vorliegenden Untersuchungen legen den Schluß nahe, daß der Organismus sowohl im Frequenzverhalten als auch im Kumulationsverhalten mit Reaktionsmustern, die sich auf mehrere Reaktionen erstrecken, reagiert. Gerade beim Nystagmusfrequenzverhalten zeigt sich, daß es Reaktionsmusterkombinationen von mehreren Reaktionen sind, die vor den Einzelreaktionen dominieren. Bei dem Kumulationsverhalten ist es umgekehrt mit Ausnahme der Kumulationszeitverkürzungen im KPIT. Dort scheinen

die Einzelreaktionszeitverlängerungen oder -verkürzungen im Vordergrund zu stehen. Damit hebt sich das Nystagmusfrequenzverhalten noch stärker als das Kumulationsverhalten von den in der Population vorgegebenen pathologischen Mustern, die meist Einzelmusterenthemmungen sind, ab. Diese Ausführung kann nur als erste Verbalbeschreibung der Ergebnisse gewertet werden. Ein funktionelles System läßt sich angesichts der komplexen inneren Zentrumsstruktur z. Zt. nur vage andeuten.

Für die Klinik erscheint uns bedeutsam, daß dieser Test Wege zur Prüfung eröffnet bei bekannten vestibulären Störungen. Vestibuläre Störung, die in dem Falle des beschriebenen Patienten sichtbar gewesen ist und bei der zweiten Untersuchung bei normaler Kalorisation nicht mehr auftaucht, kann mit Hilfe des KPIT entlarvt werden. Man kann sich aber auch vorstellen, daß das ZNS Informationen aus einem vorgeschädigten Receptor mit einer gewissen Skepsis betrachtet und den Kanal dämpft, wenn nicht sogar unterbricht, aus dem diese Fehlinformationen stammen. Damit gewinnt der Test eine Bedeutung bei der Beurteilung von zentralen Kompensationsleistungen. Daneben kann man den Test auch als Zusatzstimulus betrachten, etwa eine larvierte HWS-Störung, bei der alle anderen reinen Kalorisationsreaktionen in der Norm liegen, zu entlarven, da das System bei gleichzeitiger vestibulärer und retinaler Stimulierung die kontrollierende Dämpfung zu suggerieren scheint und dadurch zur Enthemmung neigt.

Darüber hinaus bietet der Test mit Hilfe seines einfachen Aufbaus die Möglichkeit, daß er auch in nicht aufwendig ausgerüsteten Labors durchgeführt werden kann.

Abschließend läßt sich wohl behaupten, daß die Untersuchung in einem physiologischen, einem klinischen und einem praktisch-medizinischen Zusammenhang gestellt und beurteilt werden sollte. Zur Abklärung von einzelnen Steuerlagemustern sind aber sicher noch weitere umfangreiche Forschungen erforderlich.

LITERATUR

1) R. BARANY: Untersuchungen über den vom Vestibularisapparat des Ohres reflektorisch ausgelösten rhytmischen Nystagmus und seine Begleiterscheinungen. Monatszeitschrift für Ohrenheilkunde, Kehlkopf-, Nasen-, Rachenkrankheiten, 40, 193 - 297 (1906)

2) M. B. BENDER: The oculo-motor system (by 29 authors). Harper and Row, Publishers, New York, Evanston and London (1964)

3) J. BERENDES, K. SCHRÖDER: Sinnesbeziehungen zwischen Auge und Ohr. HNO, 15, 97 - 100 (1967)

4) T. CAWTHORNE, W. A. COBB: Temperature changes in the perilymph space in response to caloric stimulation in man. Acta oto-laryngologica (Stockholm), 44, 580 - 588 (1954)

5) C. F. CLAUSSEN: Das Frequenz-Nystagmogramm, eine einfache quantitative Nystagmusdokumentation für die Praxis ohne Elektronystagmographie HNO, 18, 216 - 220 (1970)

6) C. F. CLAUSSEN: Das Frequenzmaximum des kalorisch ausgelösten Nystagmus als Kennlinienfunktion des geprüften Vestibularorgans Acta oto-laryngologica (Stockholm), 67, 639-645 (1969)

7) C. F. CLAUSSEN: Die graphische Frequenzanalyse des manuell registrierten Blickfolgenystagmus ("Drachenschema") Zeitschrift für Laryngologie, Rhinologie, Otologie, 48, 670 - 678 (1969)

8) C. F. CLAUSSEN: Der Kalorisations-Pendel-Interferenz-Test (KPIT) 1. Mitteilung Zeitschrift für Laryngologie, Rhinologie, Otologie, 49, 198 - 204 (1970)

9) C. F. CLAUSSEN: Der Kalorisations-Pendel-Interferenz-Test (KPIT) 2. Mitteilung Zeitschrift für Laryngologie, Rhinologie, Otologie, 49, 326 - 332 (1970)

10) C. F. CLAUSSEN: Über ein Richtungsüberwiegen nach unten beim Blickfolgetest. Zeitschrift für Laryngologie, Rhinologie, Otologie, 1, 68 - 77 (1971)

11) C. F. CLAUSSEN: Über die quantitative klinische Gleichgewichtsfunktionsdiagnostik mit Hilfe systematischer Auswertungsmodelle, Archiv klin. exp. Ohren-, Nasen- und Kehlkopfklinik, 199, 560 - 565 (1971)

12) C. F. CLAUSSEN: Audiogrammanaloge Auswertungsschemata in der Vestibulometrie, HNO 19, 9, 278 - 282 (1971)

13) C. F. CLAUSSEN: Kite Chart for Graphical Evaluation of Optokinetic Nystagmus, Annals of Laryngol, Rhinol, Otol, 81, 417 (1972)

14) E. L. CROW, F. A. DAVIS, M. W. MAXFIELD: Statistics Manual, Dover Publications Inc. New York (1960)

15) H. FENDER, P.W. NYE: An Investigation of the Mechanisms of Eye Movement Control
Kybernetik, 1, 81 - 88 (1961)

16) H. FRENZEL: Kalorische Prüfung mittels Wasserfüllung des Gehörganges und mittels Luftgebläses. Zeitschr. für Hals Nasen-Ohrenheilkunde, 50, 485 - 492 (1944)

17) H. FRENZEL: Zum Bauplan des nystagmogenen Vestibulariskomplexes Archiv f. Ohren-Nasen-Kehlkopfheilkunde, 168, 269 (1956)

18) H. FRENZEL: Zur Systematik, Klinik und Untersuchungsmethodik der Vestibularisstörungen.
Archiv f. Ohr-Nasen-Kehlkopfheilkunde und Zeitschr f. Hals-Nasen-Ohrenheilkunde, 177, 353 - 395 (1961)

19) C. S. HALLPIKE: The caloric tests.
Journal of Laryngology and Otology.
70, 15 - 28 (1956)

20) N. G. HENRIKSSON: Electrical analysis of the eye-movements in nystagmus.
Inaugural-Dissertatio, Lund, Schweden (1956)

21) N. G. HENRIKSSON, W. RUBIN, J. JANEKE, C. F. CLAUSSEN: A synopsis of the vestibular system.
Sandoz Monography, Sweden (1970)

22) N. G. HENRIKSSON, R. KOHUT. C. FERNANDEZ: Studies on habituation of vestibular reflexes.
Effect of repetitive caloric tests. School of Aerospace Medicine. Brooks Airforce Base, Texas(19

23) N. G. HENRIKSSON, A. TURESSON, A. NILSSON, A. ANDERSSON: Testing driver students in a car simulator. International roads safety and traffic review, 14 (1965)

24) R. HINCHCLIFFE: Nystagmus rate as an index of caloric test response.
Acta oto-laryngologica (Stockholm)
65, 311 - 315 (1968)

25) L. B. W. KONGKEES: Elektronystagmographie.
HN, 12, 325 - 329 (1964)

26) L. B. W. JONGKEES: Physiologie and Pathophysiologie des
Vestibularorganes.
Archiv für klin. exp. Ohr-Nasen- und
Kehlkopfheilkunde, 194, 1 - 110 (1969)

27) R. JUNG, H. H. KORNHUBER: Results of eletronystagmography in man: The
value of optokinetic, vestibular and spontaneous
nystagmus for neurologic diagnosis and research.
pg. 428 - 481 aus M. B. BENDER: The oculomotor system.
Harper & Row, Publishers, New York,
Evanston, London, 1964

28) E. ISHIYANA, E. W. KEELS: Preluminary results on intralabyrinthine
temperature changes in the vestibular labyrinthe
during caloric stimulation.
Tract. oto-rhino-laryng (Basel), 32, 231 (1970)

29) F. KOBRAK: Die Bedeutung der Begriffe Spontannystagmus und Nystag-
musbereitschaft für vestibuläre Begutachtungen von
Kopftraumatikern.
Archiv f. Ohr-Nasen-Kehlkopfheilkunde und
Zeitschr. f. Hals-Nasen-Ohrenheilkunde,
166, 401 - 409 (1955)

30) H. KORNHUBER: Physiologie and Klinik des vestibulären Systemes.
Archiv f. klin. exp. Ohr-Nasen- und Kehlkopfheilkunde,
194, 111 - 148 (1969)

31) H. KORNHUBER: Physiologie und Klink des zentral-vestibulären Systemes.
(Blick- und Stützmotorik)
Aus: BERENDES-LINK-ZÖLLNER - HNO-Heilkunde -
Ein kurzgefaßtes Handbuch
Band III/Teil 3, Seite 2150 - 2351
Thieme-Verlag, Stuttgart, 1966

32) A. MEYER ZUMGOTTESBERGE: Störungen der visuellen Wahrnehmung nach
Vestibularisausfall.
Archiv f. Ohr-Nasen-Kehlkopfheilkunde und
Zeitschr. f. Hals-Nasen-Ohrenheilkunde, 162,
62 - 66 (1952)

33) R. MITTERMAIER, W. CHRISTIAN: Dauer, Schlagzahl und Gesamtamplitude des
kalorischen Nystagmus.
Zeitschr. f. Laryngologie und Rhinologie,
33, 20 - 29 (1954)

34) R. MITTERMAIER: Über die Funktion des Vestibularapparates.
Dt. Med. Wochenschr., 85, 842 - 851 (1960)

35) A. MONTANDON: Funktionsprüfungen des Innenohres.
Georg Thieme Verlag, Stuttgart (1969)

36) A. NILSSON, N. G. HENRIKSSON: Adaptive patterns in the oculo-gyral illusion and their relations to the serial colour-word-test.
Lund University, Sweden, Psychological Research Bulletin, 7, 6, 1967.

37) N. NILSSON, N. G. HENRIKSSON: The oculo-gyral illusion - A form of rotation after-effect and its relation to the spiral after-effect in repeated trials.
Lund University Sweden, Psychological Research Bulletin, 7, 5, 1967

38) J. OHM: Untersuchung des Augenzitterns.
Aus: Handbuch der Neurologie des Ohres von G. ALEXANDER und O. MARBURG
Urban u. Schwarzenberg-Verlag, Berlin und Wien, 1924, S. 1089 - 1117

39) H. REMKY: Auge und Schwindel.
Münchner med. Wochenschr., 107, 422 - 426 (1965)

40) W. RUBIN: Language of nystagmography.
Archives of oto-laryngology 84, 634 - 637 (1966)

41) D. SOYKA: Zur Variabilität des experimentellen Nystagmus be
Verlaufsuntersuchungen gesunder Probanden und dem
Einfluß von Schlafentzug
Z. EEG-EmG, 158 (1970)

42) H. H. STENGER: Zur Analyse von Schwindelerscheinungen.
Therapiewoche, 32, 1114 - 1119 (1967)

43) B. TRINCKER, J. SIEBER, J. BARTUAL: Schwingungsanalyse der vestibulär optokinetisch und durch elektrische Reizung ausgelösten Augenbewegungen beim Menschen
1. Mitteilung: Stetige Augenbewegungen: Frequenzgänge und Ortskurven.
Kybernetik, 1, 21 - 28 (1961)

44) B. TRINCKER: Physiologie des Gleichgewichtsorganes.
Aus: BERENDES-ZÖLLNER-HNO-Heilkunde - Ein kurzgefaßtes Handbuch.
Band III, Seite 311 - 361
Thieme-Verlag, Stuttgart, 1965

45) B. TRINCKER: Analyse des afferenten Informationsflusses von Labyrinthrezeptoren, seiner Stabilisierung durch Rückkoppelung und der Kriterien für Konstanz der Raum- und Zeitkoordinaten zentraler Datenverarbeitung.
Biokybernetik Band II
Materialien des erten internationalen Symposiums "Biokybernetik", Leipzig 19. - 22. September 1967
Karl-Marx-Universität Leipzig 1968

46) N. TOROK: The culmination phenomenon and frequency pattern of thermic nystagmus.
Acta oto-laryngologica (Stockholm)
48, 530 - 535 (1957)

47) N. TOROK: Now vestibular test results can be utilized.
Transactions American Academy of Ophthalmology and Otolaryngology,
71, 416 - 420 (1967)

48) N. TOROK, A. J. DERBYSHIRE: Computation of the Nystagmogramm.
Acta oto-laryngologica (Stockholm)
65, 70 - 78 (1968)

49) L. R. YOUNG, J. L. MEIRY, Y. T. LI:
Control engineering approaches to human dynamic space orientation.
NASA SP - 115, 217 - 228 (1966)

ZUSAMMENFASSUNG

In der vorliegenden Arbeit wird die diagnostische Verwendbarkeit des KPIT geprüft. Vorkommende Nystagmusfrequenz- und Zeitreaktionsmuster, die nach ihrer Häufigkeit geordnet sind, werden dargestellt. Versuchspersonen sind Gesunde und Patienten der HNO-Klinik und Poliklinik im Klinikum Steglitz der FU Berlin - insgesamt 129 Personen.

Es werden mögliche quantitative Muster der visuell-vestibulären Interferenz dargestellt. Zur quantitativen Auswertung der ENG-Kurven wird das Schmetterlingsverfahren nach Claussen benutzt. In der überwiegenden Zahl der Fälle besteht eine Dominanz des optischen Stimulus über den vestibulär induzierten Nystagmus. Diese Dominanz kann sich als Teil eines Kompensationsvorganges dahingehend auswirken, daß es zur Abschaltung des vestibulären Nystagmus durch den optokinetischen Pendelstimulus kommt. Meistens besteht allerdings nur eine einfache quantitative Reaktionsverminderung des kalorischen Nystagmus. In einzelnen Fällen kann es zu einer positiven Interferenz kommen, d. h. zu einer Verstärkung des kalorischen Nystagmus durch den vertikalen Pendelfolgestimulus im KPIT. Die Kumulationsverschiebung tritt bei den individuellen Fällen meist nur bei einzelnen Reaktionen auf, während bei der Frequenzverschiebung das gesamte Muster betroffen ist. Nach den bisherigen Erfahrungen könnte der KPIT ein neuer Weg sein, um das Zusammenspiel von Auge und Gleichgewichtsinnenrezeptor, insbesondere die gegenseitigen Kompensationsmechanismen, in einer Testsituation zu prüfen.

Lebenslauf

1944:	geb. in Bendsburg O/S am 4. 2. 1944
1950:	Eintritt in die Volksschule in Schwenningen/N
1955:	Eintritt in das Gymnasium in Schwenningen/N
1964:	Abitur in Königsfeld im Schwarzwald
1964:	Beginn des 18-monatigen Wehrdienstes
1965:	Beginn des Studiums der Humanmedizin an der FU Berlin
1968:	Physikum
1972:	Staatsexamen
1972:	ab Mai d. J. Tätigkeit als Medizinalassistent

Peter Goebel